

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения

Специальность 240403 Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Кафедра химической технологии топлива и химической кибернетики

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА

Тема работы
Оптимизация работы промышленной установки каталитического риформинга бензинов

УДК 665.73:665.64

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5201	Комаришина Ирина Игоревна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чернякова Е.С.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич О.А.	к.б.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юрьев Е.М.	к.т.н.		

эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т.д.)	НТИ, экономическая эффективность исследования; Производственная безопасность, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях, обеспечение безопасности (правовые и организационные вопросы).
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выявления достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)	1. Введение; 2. Основные теоретические положения: физико-химические особенности процесса (химизм процесса, условия проведения, описание технологической схемы, катализаторы риформинга); 3. Литературный обзор; 4. Экспериментальная часть; 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 6. Социальная ответственность; 7. Заключение и выводы; 8. Список используемой литературы;
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Характеристика исходного сырья и продуктов; 2. Общая технологическая схема установки; 3. Основные результаты расчетов;
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры менеджмента к.э.н. Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Доцент кафедры ЭБЖ к.б.н. Антонец О.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	11 января 2016 г.
---	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чернякова Е.С.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5201	Комаришина Ирина Игоревна		

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5201	Комаришина Ирина Игоревна

Институт	Институт электронного обучения	Кафедра	Химической технологии топлива и химической кибернетики
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	240403 Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа в компьютерной моделирующей системе для мониторинга и прогнозирования эксплуатационных параметров работы промышленных установок каталитического риформинга бензинов – «Активность».
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта.
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НТИ
4. Расчёт денежного потока
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15 марта 2016 г.
--	------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т. Г.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5201	Комаришина Ирина Игоревна		

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5201	Комаришина Ирина Игоревна

Институт	Институт электронного обучения	Кафедра	Химической технологии топлива и химической кибернетики
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	240403 Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Установка каталитического риформинга Л-35-11/450К, применяется на НПЗ для получения автомобильных высокооктановых бензинов.</i>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<i>1.1 повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ); повышенный уровень шума на рабочем месте (ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ);</i> <i>1.2. –электробезопасность – статическое электричество (специальная одежда антиэлектростатическая; средства защиты рук антиэлектростатическая; специальная обувь антиэлектростатическая; предохранительные приспособления антиэлектростатические (браслеты и кольца));</i> <i>- пожаровзрывобезопасность (причины: отступление от норм установленного технологического режима эксплуатации; разгерметизация фланцев трубопроводов или аппаратов с нефтепродуктами; неисправность средств сигнализации и блокировки технологического процесса; несоблюдение инструкций по промышленной безопасности и противопожарных правил. Средства пожаротушения: ручные порошковые огнетушители ОП-5, ОП-10, ОП-50, углекислотные огнетушители ОУ-6, пожарные ящики с песком в комплекте пожарные рукава).</i>
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны 	– Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы):

<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p><i>Среди загрязнений воздушной среды выбросами НПЗ основными являются углеводороды и сернистый газ.</i></p> <p>– <i>Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы):</i> <i>Нефти и нефтепродукты, сбрасываемые со сточными водами: сырая нефть, мазут, бензин, керосин, бензол, толуол, ксилол, этилен.</i></p> <p>– <i>Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы):</i> <i>Накапливаются такие выбросы, как углеводороды, нефти оксиды азота, серы, фенол, аммиак, а также тяжелые металлы, вымываемые снегом из атмосферы.</i> <i>Почва загрязняется нефтепродуктами и выбросами этих предприятий в радиусе до 3-х км, и глубиной до 60-80 см.</i></p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>- <i>Пожары, взрывы, угроза взрывов;</i></p> <p>- <i>Пожаровзрывоопасность веществ и материалов;</i></p> <p>- <i>Меры:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1. строгое соблюдение норм технологического режима - порядка и правил ведения технологических процессов на всех составляющих установки;</i> <i>2. обязательное выполнение обслуживающим персоналом производственных инструкций, правил по производственной безопасности, пожарной и газовой безопасности,</i> <i>3. бесперебойное снабжение установки сырьём, паром, водой, электроэнергией, воздухом КИП, азотом;</i> <i>4. выполнение всего комплекса технических и организационных мероприятий по поддержанию на высоком уровне пожаровзрывобезопасности всего технологического оборудования, технической надёжности КИП и обеспечивающих систем;</i> <i>5. высокий уровень профессиональной подготовки промышленно-производственного персонала;</i> <i>6. постоянная готовность сил и средств к локализации аварий и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;</i> <p>- <i>Во всех помещениях на производстве предусмотрена пожарная сигнализация. Сигналы от датчиков пожарной сигнализации подаются на щиты управления. В качестве датчиков используются пожарные извещатели</i></p>

	<p>взрывозащищенные. Для тушения пожаров или возгораний на установке применяются следующие средства пожаротушения: ручные порошковые огнетушители ОП-5, ОП-10, ОП-50; углекислотные огнетушители ОУ-6; пожарные ящики с песком в комплекте; пожарные рукава.</p> <p>На территории установки установлены пожарные щиты, укомплектованные огнетушителями ОП-5, ОП-10, ОУ-6, кошмой, лопатами.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>1) Согласно статье 224 ТК РФ у сотрудников, которые заняты на работах во вредных или опасных условиях, продолжительность рабочего времени сокращается на 4 часа в неделю [21].</p> <p>2) Компоновка оборудования, зданий и сооружений выполнена в соответствии с действующими «Ведомственными указаниями проектирования предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности» (ВУПП-88) [22].</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	09 марта 2016 г.
--	------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич О.А.	к.б.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5201	Комаришина Ирина Игоревна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 105 страниц, 22 рисунков, 34 таблиц, 49 источников, 7 приложений.

Ключевые слова: каталитический риформинг, катализатор, активность, октановое число, бензин, коксонакопление.

Объектом исследования является промышленная установка каталитического риформинга бензинов Л-35-11/450К Комсомольского НПЗ.

Цель работы – оптимизация работы промышленной установки каталитического риформинга бензинов.

В процессе исследования проводилось изучение влияния технологических параметров на работу промышленной установки методом математического моделирования с помощью компьютерной программы «Активность».

В результате исследования определили степень влияния технологических параметров на работу промышленной установки риформинга, выявили оптимальные режимы ее эксплуатации.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики даны в 3 разделе.

Область применения: результаты исследования можно использовать на установке каталитического риформинга бензинов завода «РН-Комсомольский НПЗ».

Экономическая значимость работы заключается в анализе показателей эффективности инвестиций научного проекта для предприятия.

В работе использовались стандартные и общеизвестные методы математического моделирования.

Отчет выполнен в текстовом редакторе Microsoft Word.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	12
1 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	14
1.1 Химизм процесса	14
1.2 Подготовка сырья	17
1.3 Фракционный состав сырья.....	17
1.4 Химический состав сырья.....	18
1.5 Продукты риформинга	20
1.6 Типы установок риформинга бензиновых фракций	21
1.7 Описание технологической схемы	22
1.8 Катализаторы риформинга	23
2 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	26
2.1 Совершенствование катализаторов	26
2.2 Применение метода математического моделирования для повышения эффективности процесса риформинга	30
2.3 Совершенствование технологического оформления процесса	32
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	36
3.1 Мониторинг установки каталитического риформинга бензинов Л-35- 11-450К Комсомольского НПЗ	40
3.2 Исследование состава перерабатываемого сырья.....	45
3.3 Прогнозирование активности катализатора	49
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	52
4.1 Предпроектный анализ	52
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	52

4.1.2	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	53
4.1.3	SWOT-анализ.....	54
4.1.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	55
4.2	Инициация проекта	57
4.2.1	Организационная структура проекта	58
4.2.2	Ограничения и допущения проекта.....	59
4.4	Планирование управления научно-техническим проектом.....	60
4.4.1	План проекта.....	60
4.4.2	Бюджет научного исследования	61
4.4.3	Организационная структура проекта	66
4.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	67
4.5.1	Оценка абсолютной эффективности исследования.....	67
4.5.2	Оценка сравнительной эффективности исследования	73
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	77
5.1	Производственная безопасность	77
5.2	Экологическая безопасность	80
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	82
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности...	86
6	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	88
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	89
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	94
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	95
	ПРИЛОЖЕНИЕ В	97

ПРИЛОЖЕНИЕ Г	99
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	100
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	102
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж	103

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день нефтепереработка является крупнейшей отраслью в промышленности. Нефтяные топлива представляют собой главный источник энергии.

Каталитический риформинг – основной процесс в производстве высокооктановых компонентов автомобильного бензина. Установки каталитического риформинга имеются практически на всех нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ).

Развитие производства бензинов связано с улучшением основных эксплуатационных свойств топлива (детонационная стойкость бензина, которая оценивается октановым числом, содержание ароматических углеводородов, особенно бензола, давление насыщенных паров), что является актуальным вопросом в данной работе и имеет практический интерес.

Цель дипломной работы – оптимизация работы промышленной установки каталитического риформинга бензинов. В данном случае объектом исследования стала установка Л-35-11-450К Комсомольского НПЗ. Для детального изучения эффективности ее работы необходимо было подобрать оптимальные режимы эксплуатации катализатора.

Исследования проведены методом математического моделирования. С использованием компьютерной моделирующей системы «Активность» рассчитаны:

1. Текущая и оптимальная активности катализатора (мониторинг промышленной установки);
2. Состав перерабатываемого сырья и исследовано его влияние на процесс;
3. Прогнозные значения активности катализатора.

Полученные результаты имеют большое практическое значение и позволяют оценить:

1. Как будет работать установка при получении продукта заданного качества относительно фактических параметров работы.
2. Как влияет состав перерабатываемого сырья на процесс риформинга.
3. Когда необходимо проводить регенерацию катализатора и корректировать технологические процессы.

1 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Риформинг – это процесс промышленной переработки лигроиновых и бензиновых фракций нефти с целью получения ароматических углеводородов и высококачественных бензинов.

Первые каталитические установки появились в 40-х годах и предназначались для облагораживания прямогонных бензиновых и лигроиновых фракций. Разработка и освоение в последующие годы различных модификаций процесса изменили технологию переработки углеводородного сырья и ассортимент получаемых продуктов (усовершенствование схем технологических процессов, появление нового высокопроизводительного оборудования, разработка более совершенных катализаторов) [7].

Каталитический риформинг – основной процесс в современной нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Используется для получения ароматических углеводородов (бензола, толуола и ксилолов) и повышения детонационной стойкости бензинов¹. Также каталитический риформинг обеспечивает водородом процессы гидроочистки нефтяных продуктов и другие гидрогенизационные процессы.

1.1 Химизм процесса

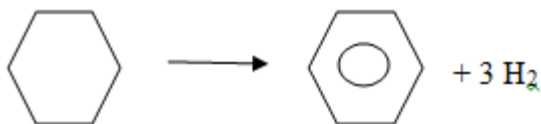
Процесс каталитического риформинга является сложным химическим процессом. Это обусловлено тем, что в состав исходного сырья процесса входят разнообразные бензиновые фракции. В них входит более 150

¹ Детонационная стойкость бензинов – способность топлива противостоять самовоспламенению при сжатии. Это важнейшая количественная характеристика топлива, на основе которой определяется его сортность и применимость в двигателях той или иной конструкции.

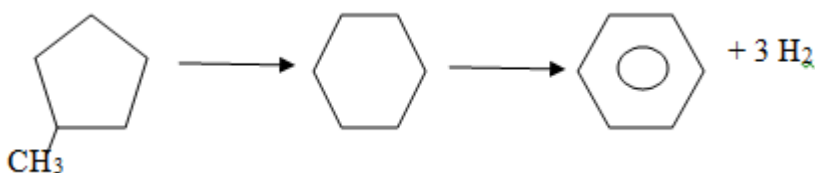
углеводородов. Это углеводороды трех основных групп: парафиновые, нафтеновые и ароматические углеводороды.

Основой процесса риформинга служат три типа реакций. Наиболее значимые-реакции с образованием ароматических углеводородов:

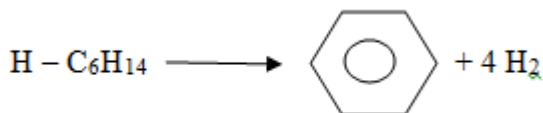
- Дегидрирование шестичленных нафтен



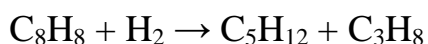
- Дегидроизомеризация пятичленных нафтен



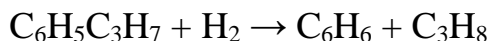
- Ароматизация (дегидроциклизация) парафинов



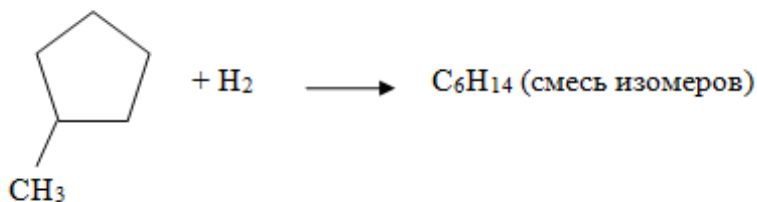
Также большая роль в процессе- реакции гидрокрекинга. Гидрокрекинг парафинов, которые содержатся в бензиновых фракциях, идет газообразованием, что существенно усугубляет селективность процесса:



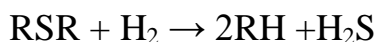
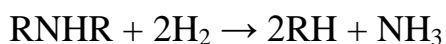
А реакция гидроалкилирования алкилбензолов увеличивает выход низкомолекулярных гомологов бензола, представляющие наибольший интерес:



Протекают также реакции, которые приводят к раскрытию циклопентанового кольца и к превращению нафтен в парафины:



Сырье риформинга подвергают гидрогенизационной очистке, впоследствии чего в нем остается незначительное количество примесей, в частности серо- и азотсодержащих соединений, которые считаются каталитическими ядами. В критериях процесса каталитического риформинга они подвергаются гидрогенолизу с отщеплением аммиака и сероводорода. Пример:



Более немаловажные реакции риформинга, которые ведут к образованию ароматических углеводородов из нафтенов и парафинов, идут с поглощением тепла, реакции изомеризации нафтенов и парафинов имеют тепловой эффект, близкий к нулю, а реакции гидрокрекинга экзотермичны.

В условиях процесса более быстро и легко протекают реакции дегидрирования гомологов циклогексана. В следствии этого скорость ароматизации из пятичленных нафтенов приблизительно на порядок ниже. Дегидроциклизация парафинов является наиболее медленной реакцией ароматизации, ее скорость (на два порядка ниже) лимитируется более медлительной стадией циклизации.

Превращения нафтенowych и парафиновых углеводородов в ароматические обратимые реакции, они протекают с поглощением тепла и увеличением объема. Значит, применив правило Ле-Шателье, равновесная глубина ароматизации увеличится с ростом температуры и понижением парциального давления водорода. Впрочем, промышленные процессы риформинга вынужденно осуществляют с непрерывной регенерацией катализатора при пониженных давлениях, или при повышенных давлениях с целью подавления реакций коксонакопления, при этом снижение равновесной глубины ароматизации возмещают увеличением температуры [1].

1.2 Подготовка сырья

Для каталитического риформинга в качестве сырья используют фракции первичной перегонки нефти с температурой выкипания 62-180 °С. Прямогонные бензиновые фракции используются в производстве этилена, реактивных топлив и других отраслях.

Химическим и фракционным составом определяется качество сырья каталитического риформинга. Фракционный состав зависит от целевых продуктов процесса, а химический-выбирается в зависимости от перерабатываемой нефти.

В большинстве видов используемого сырья присутствуют вредные примеси, а в бензинах вторичного происхождения – олефиновые и диолефиновые углеводороды, которые быстро отравляют и снижают работоспособность катализатора. Сернистые соединения в сырье риформинга оказывают чрезвычайно сильное дезактивирующее действие на катализатор. Для биметаллических катализаторов их содержание не должно превышать 10^{-4} % масс. Ограничено также и содержание азота $0,5 \cdot 10^{-4}$ % масс, и влаги $4 \cdot 10^{-4}$ % масс. Поэтому сырье каталитического риформинга следует подвергать гидроочистке из-за содержания непредельных углеводородов и металлов, а также органических серо-, азот- и кислородосодержащих соединений. При гидроочистке непредельные углеводороды насыщаются водородом, превращаясь в предельные (парафиновые), и удаляются вредные примеси [1].

1.3 Фракционный состав сырья

Фракции бензина, перерабатываемые с целью получения высокооктановых компонентов бензина, выкипают ориентировочно при 85-180 °С. Также эти пределы меняются в зависимости от качества сырья,

направления процесса и общей топливной схемы завода. Для получения ароматических углеводородов применяют узкие бензиновые дистилляты.

Прямогонная фракция 62-105 °С состоит только из углеводородов С6 и С7 и используется для получения бензола и толуола. Начало кипения выбрано таким образом, чтобы дистиллят полностью включал в себя наибольшее количество бензола, циклогексана и метилциклопентана, содержащихся в бензине, из которого выделена фракция 62-105 °С. Причем желательно наименьшее содержание изогексанов – не более 10-15 %, так как при обычных условиях риформинга гексаны почти не подвергаются ароматизации.

Бензиновые дистилляты с началом кипения ниже 62 °С нежелательно подвергать риформированию, потому что в них не содержатся компоненты, способные превратиться в ароматические углеводороды. Такие фракции осложняют работу установки, при этом увеличивается выход газа, причем на газообразование расходуется дополнительный водород. Следовательно, снижается количество получаемого избыточного водорода процесса, что также ухудшает показатели работы установки.

Для производства ароматических углеводородов С8 используют прямогонную бензиновую фракцию 105-140 °С. Этот дистиллят состоит из углеводородов С8, но содержит еще некоторое количество углеводородов С7 и С9. Желательно максимальное содержание в сырье целевой фракции 105-140 °С, так как это обеспечивает наибольший выход термического ксилола. Одновременно можно получать толуол, бензол, ксилолы или толуол. Для этого в качестве сырья используют дистиллят 62-140 °С или 85-140 °С [7].

1.4 Химический состав сырья

Для показателей работы установки риформинга имеет большое значение химический состав сырья, который определяет выход водорода, так

как снижается его потребление на реакции гидрокрекинга. При высоком содержании в сырье циклопарафинов, их ароматизация, которая протекает с большой скоростью, приводит к созданию ароматических углеводородов в количествах, превышающих термодинамически равновесные выходы из соответствующих парафинов. В этом случае парафиновые углеводороды не ароматизируются, а подвергаются только изомеризации и гидрокрекингу.

При низком содержании циклопарафинов, ароматические углеводороды образуются в значительной степени из парафиновых. Чем меньше содержания в сырье циклогексанов и больше парафинов, следовательно, увеличивается выход газообразных углеводородов и уменьшается выход жидкого катализата [1].

В основном для каталитического риформинга используется легкая фракция углеводородов (нафта) и иногда вторичные дистилляты (бензин термического крекинга, гидрокрекинга и коксования) в качестве сырья. Вторичные дистилляты содержат высокие концентрации нафтенных и парафиновых. В таблице 1 представлено изменение состава сырья в процессе риформинга [9].

Таблица 1 – Изменение состава легкой фракции углеводородов

Компонент	Сырье, % масс.	Продукт, % масс.
Парафины	50	35
Олефины	0	0
Нафтены	40	10
Ароматические углеводороды	10	55

Таким образом, важно правильно выбрать сырье по химическому и фракционному составу для успешного осуществления процесса с максимальным эффектом.

1.5 Продукты риформинга

В процессе риформинга образуются газы и жидкий продукт – риформат, или катализат риформинга.

Риформат используется как высокооктановый компонент автомобильных и авиационных бензинов или же выделяют из него ароматические углеводороды, а газы подвергают делению. Водород, отчасти используют для гидроочистки исходного сырья и восполнения утрат циркулирующего водородосодержащего газа, его балансовую часть выводят из установки с целью использования в гидрогенизационных процессах. Также из газообразных продуктов каталитического риформинга выделяют сжиженный газ (C3–C4) и сухой газ (C1–C2).

Процесс применяется в основном для облагораживания бензиновых фракций с получением указанных выше высокооктановых бензинов. Чтобы получить ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилолы) в нужных количествах и требуемой чистоты, применяется ряд процессов – извлечение ароматических углеводородов из риформатов, разделение изомеров ксилола, изомеризацию *m*-ксилола, а в некоторых случаях и этилбензола, с превращением *o*- и *n*-изомеров ксилола, гидродеалкилирование толуола в бензол и др.

При каталитическом риформинге в результате дегидроциклизации парафиновых углеводородов и дегидрогенизации нафтеновых попутно получают водород. Химический и фракционный состав сырья, тип применяемого катализатора и условия ведения реакции влияют на состав и выход ВСГ. Увеличение концентрации нафтеновых углеводородов в сырье и понижение давления процесса каталитического риформинга приводит к гибкой конверсии сырья в ароматические углеводороды и увеличению выхода водорода. Рост температуры в реакторах установки приводит к повышению газообразования и уменьшению концентрации водорода в газе. Образовавшийся ВСГ применяется для восполнения потери циркулирующего

ВСТ и гидроочистки исходного сырья, также на других установках, на которых используется водород [5].

1.6 Типы установок риформинга бензиновых фракций

В настоящее время на всех заводах переработки нефти предусматривается каталитический риформинг. Эволюция процесса состояла в увеличении глубины превращения сырья, селективности ароматизации углеводородов и стабильности работы катализатора. За весь период использования процесса выход ароматических углеводородов и водорода (целевые продукты) увеличился более чем в 1,5 раза, а межрегенерационный цикл работы катализатора – в 4 раза. Эти результаты достигнуты за счет разработки новых катализаторов, которые повлекли за собой совершенствование технологии процесса.

Большинство установок риформинга описывают тремя разновидностями технологий: полурегенеративный, циклический и процесс с непрерывной регенерацией катализатора. Наибольшее их количество работает по полурегенеративному варианту и применяется практически на всех на заводах России.

Технологические параметры работы установок риформинга по полурегенеративному варианту: давление – от 1,3 до 3,0 МПа, температура – от 480 до 530 °С, октановое число колеблется от 94 до 100, выход риформата от 80 до 88 % масс. Межрегенерационный цикл работы катализатора – от года до трех лет.

Второй тип технологии – циклический – применяется на заводах США и характеризуется более жесткими условиями проведения процесса: давление – от 0,9 до 2,1 МПа, температура – от 505 до 550 °С и, следовательно, небольшими межрегенеративными циклами (от 40 до 5 суток). Октановое число риформата – от 95 до 103. Катализатор до полной

отработки может выдерживать до 600 регенераций. К циклическому варианту относится процесс пауэрформинг (используется для получения бензинов с октановыми числами 85—105, компонента авиационного бензина, бензола или других индивидуальных ароматических углеводородов) и ультраформинг (используется для получения высокооктанового компонента бензина и индивидуальных ароматических углеводородов из низкооктановых бензиновых фракций прямой перегонки нефти, коксования, каталитического и термического крекинга, гидрокрекинга).

Последний тип технологии риформинга представляет процесс с непрерывной регенерацией катализатора. Эта технология наиболее прогрессивна, так как позволяет работать в лучших термодинамических условиях (давление – от 0,35 до 0,9 МПа, температура – до 550 °С) без остановки на регенерацию (межремонтный пробег достигает трех лет и более) и достигнуть максимального октанового числа риформата (102-104 пункта) [3].

1.7 Описание технологической схемы

Технологические схемы установок каталитического риформинга мало отличаются друг от друга и в основном отвечают схеме в приложении А.

Сырье, которое предварительно гидроочистили и осушили, смешивают с циркулирующим водородосодержащим газом. Полученную смесь подогревают в теплообменнике и печи П-1, затем подают в реактор Р-1. Обычно на установке каталитического риформинга имеется три или четыре реактора и число секций в печи П-1 соответствующее им, для межступенчатого подогрева реакционной смеси. Из последнего реактора смесь поступает в теплообменник и холодильник, где охлаждается до 20-40 °С. Далее направляется в сепаратор высокого давления С-1, где отделяется циркулирующий водородосодержащего газа от катализата. Часть

водородосодержащего газа осушается цеолитами в адсорбере Р-4 и поступает на прием циркуляционного компрессора. Избыток выводится на блок предварительной гидроочистки бензина и передается другим потребителям водорода. Нестабильный катализат из С-1 поступает в сепаратор низкого давления С-2, где от него отделяются легкие углеводороды. Газовые и жидкие фазы, выделившиеся в сепараторе С-2, направляются во фракционирующий абсорбер К-1. Абсорбентом служит стабильный бензин. Низ абсорбера подогревается горячей струей через печь П-2. При давлении 1,4 МПа и температуре вверху 40 и внизу 40 °С в абсорбере отделяется сухой газ. Нестабильный катализат, который выводится с низа К-1, подогревается в теплообменнике и поступает в колонну стабилизации К-2. Тепло низа К-2 подводится циркуляцией и подогревом в печи П-1 части стабильного конденсата. Головная фракция стабилизации после конденсации охлаждения направляется в приемник С-3, где часть возвращается в К-2 на орошение, а избыток выводится с установки. Часть стабильного катализата охлаждается в теплообменнике и поступает во фракционирующий абсорбер К-1, а его балансовый избыток выводится с установки [8].

1.8 Катализаторы риформинга

В процессе каталитического риформинга используются катализаторы на основе платины, которая распределяется на носителе – оксиде алюминия, промотированном хлором (реже фтором).

Диспергированная на поверхности носителя платина является катализатором реакции гидрирования–дегидрирования, а носитель – галоидированный оксид алюминия – катализатором реакций кислотно–основного типа – изомеризации, циклизации, крекинга.

Для усиления и регулирования кислотной функции оксид алюминия промотируют галоидом – фтором или хлором. Фторсодержащие

катализаторы используются ограниченно, в случаях, когда процесс риформинга осуществляют без предварительной гидроочистки сырья или при высокой влажности.

Большинство катализаторов риформинга приготовлены на основе хлорированного оксида алюминия. Преимуществом этих катализаторов является возможность регулирования содержания хлора на поверхности катализаторов и, следовательно, уровень их кислотности, непосредственно в условиях эксплуатации. Это объясняется тем, что хлор является подвижным промотором, также слабо связан с поверхностью носителя и легко замещается гидроокислами воды. Также без хлора невозможно восстановление высокой дисперсности платины на носителе в период реактивации платиновых катализаторов.

Монометаллические катализаторы представляют собой платину, нанесенную на оксид алюминия, промотированный галогенами. В основном в качестве носителя используют оксид алюминия, который владеет большей термической стабильностью. В всевозможных модификациях монометаллического катализатора содержится от 0,1 до 1 % масс. платины. От содержания платины в катализаторе зависит не только его активность, но и стабильность.

В настоящее время в промышленной практике используются модифицированные би- и полиметаллические катализаторы риформинга, приготовленные на хлорированном оксиде алюминия, в которых наряду с платиной содержатся другие элементы периодической системы. Модификаторами для катализаторов риформинга являются рений, олово, титан, германий, иридий, свинец, цирконий, марганец.

Преимуществом модифицированных полиметаллических катализаторов риформинга является их высокая стабильность, выражающаяся в том, что в условиях процесса снижение активности происходит значительно медленнее, чем у монометаллических платиновых катализаторов.

Главной причиной дезактивации катализаторов риформинга в цикле реакции является их закоксовывание, повышение стабильности при введении модифицирующих металлов связано с воздействием на процесс коксоотложения. Характер этого воздействия, его механизм зависит от природы применяемого модификатора.

В промышленной практике процесса риформинга наибольшее распространение получили алюмоплатиновые катализаторы, модифицированные рением – платинорениевые катализаторы, в отдельных случаях с добавками третьего компонента [7].

2 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В данном разделе был осуществлен анализ актуальных публикаций (2005-2015 гг.) на тему пути повышения эффективности процесса риформинга, а именно:

- совершенствование катализаторов;
- применение метода математического моделирования
- совершенствование технологического оформления процесса.

2.1 Совершенствование катализаторов

В статье [10] представлена установка каталитического риформинга типа Л-35-8/300Б. Авторы предлагают заменить каталитическую систему, состоящую из катализатора R-56 фирмы «UOP», и скаллопы с перфорированным исполнением проточной части на новую с катализатором ПР-71 и скаллопами с v – образными профилями щелевого экрана. Это было предложено для того, чтобы повысить производительность установки с 275 тыс. тонн/год до 290 тыс. тонн/год, усовершенствовать качество риформата, а именно повысить октановое число продукта с 95,5 до 98 пунктов по исследовательскому методу, и повысить концентрацию водорода в получаемом ВСТ до 87 % масс.

Авторы статьи [12] произвели исследование процесса эксплуатации промышленных установок каталитического риформинга бензинов. Было установлено, что необходимо поддерживать реакции гидрирования и коксообразования в равновесии при непрерывном мониторинге промышленной установки с применением физико-химических моделей, которые будут контролировать и регулировать технологические условия процесса, и уменьшат содержание кокса на катализаторе на 1-3 % масс, соответственно продлится срок службы катализатора на 20-30 %. В данной

статье для анализа структуры отложения кокса на поверхности катализатора в процессе риформинга были исследованы образцы катализаторов из реакторов нескольких промышленных установок, а также с различной технологией процесса. Характеристики исследованных образцов катализаторов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики исследуемых катализаторов риформинга [12]

Марка катализатора	Технология процесса	Содержание, масс. %		Насыпная плотность, кг/м ³	Срок эксплуатации, лет
		платины	других металлов		
1	2	3	4	5	6
PR-9. Сбалансированный Pt-Re катализатор	Со стационарным слоем катализатора	0,25	Re 0,25	720	10
R-98. Сбалансированный Pt-Re катализатор	Со стационарным слоем катализатора	0,25	Re 0,25	721	5
ПК-П1. Сбалансированный Pt-Re катализатор	Со стационарным слоем катализатора	0,3	Re 0,3	690	6
R-134. Сбалансированный Pt-Sn катализатор	С непрерывной регенерацией катализатора	0,3	Sn 0,3	560	4

В статье [16] описывается проведение анализа промышленного Pt-Sn/ γ -Al₂O₃ катализатора, работающего в реакторе риформинга с движущимся слоем, с помощью термогравиметрического и абсорбционного методов.

По результатам термогравиметрического анализа авторы сделали заключение, о том, что в условиях процесса риформинга на поверхности

катализатора образуется аморфный кокс. Также наличие кокса в регенерированном катализаторе (2 % масс.) говорит о неполной регенерации катализатора в реализуемых условиях. Авторы провели математический анализ процессов коксообразования в реакторе риформинга с движущимся зернистым слоем, который показал, что при повышении кратности циркуляции катализатора, содержание кокса на выходе из реактора снижается (например, увеличение кратности циркуляции катализатора с 0,008 до 0,016 м³/м³ приводит к уменьшению кокса на 2% и увеличению ОЧ продукта на 1,5 пункта).

Авторы предлагают поддерживать кратность циркуляции катализатора в интервале 0,008-0,010 м³/м³ для повышения эффективности работы промышленной установки. Поддерживание оптимальных условий в реакторном блоке и регенераторе для того, чтобы контролировать процесс коксования и поддержание концентрации кокса на минимально возможном, а удельной поверхности катализатора на максимально возможном уровне, позволяет решить проблему дезактивации катализатора – сохранить его активность и селективность, уменьшить влияние факторов спекания, отравления, закоксовывания, разрушения, загрязнения и т. д.

В статье [18] рассмотрены основные этапы совершенствования катализатора риформинга углеводородов АЛВИГО – от кольцевидного ГИАП – 18 к перфорированным цилиндрам с выпуклыми торцами НИАП-03-01 (рисунок 1) и далее, к разработанным перфорированным сферам (рисунок 2), который обеспечивает равномерную загрузку труб (рисунок 3).



Рисунок 1 – Катализатор НИАП-03-01

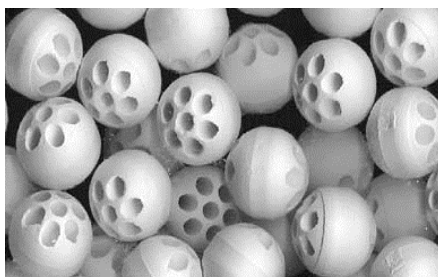


Рисунок 2 – Новый сферический носитель

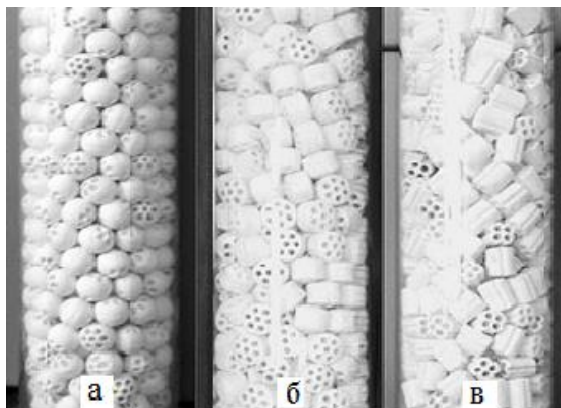


Рисунок 3 – Пример укладки катализаторов в трубах: а – сферический катализатор; б – НИАП-03-01; в – образец Q12,6

В таблице 3 приведены характеристики нового катализатора в сравнении с катализатором НИАП-03-01.

Таблица 3 – Характеристики катализаторов риформинга [18]

Показатель	Перфорированный шар	НИАП-03-01
Насыпная плотность, кг/дм ³	0,9	1,0
Порозность слоя, м ³ /м ³	0,619	0,515
Удельная геометрическая поверхность, м ² /м ³	450	425

Новый катализатор обеспечивает равномерную загрузку труб за счет высоких значений поверхности и порозности слоя, низкой насыпной плотности, что улучшает теплопередачу и продлевает срок службы труб за счет ослабления местных перегревов. Промышленное производство перфорированных сфер стало возможным за счет использования отечественных керамических технологий.

Авторами рассмотрены примеры эксплуатации катализаторов НИАП-03-01, соответствующие тенденциям развития производства (пример: не снижая нагрузку, эксплуатировать изношенные трубы при низком давлении соотношении пар: газ $(3,1 \pm 0,1)$ еще три года). Приведены результаты исследования газодинамических характеристик и данные, характеризующие его форму (диаметр 16,5, 14 отверстий). Развитие катализаторов риформинга АЛВИГО направлено на использование перфорированных сфер, обеспечивающих минимальный перепад давления 1-2 атм.

Проанализировав статьи, можно выделить несколько вариантов для совершенствования катализаторов процесса каталитического риформинга:

- Замена каталитической системы на новую;
- Постоянный контроль и регулировка технологических условий;
- Использование перфорированного (сферического) катализатора.

2.2 Применение метода математического моделирования для повышения эффективности процесса риформинга

В публикации [11] поставлена задача улучшения выхода целевого продукта (стабильного катализата) с заданным октановым числом на установке каталитического риформинга Л-35-11/450К с предварительной гидроочисткой ООО «РН-Комсомольский НПЗ». Авторами были разработаны алгоритмы и методы построения математической модели, которые реализуются в виде системы поддержки принятия решений в интересах повышения эффективности управленческих решений руководящего и технического персонала, и позволяют решить большинство производственных задач, в частности:

- Выявление оптимальных режимов работы установки;
- Выявление оптимальных свойств выходного сырья;

- Получение оценок выигрышей и потерь при использовании тех или иных технологических и сырьевых режимов.

Использование разработанной модели обеспечивает экономию по общему числу технологических режимов на уровне 0,4 % по выходу целевого продукта (стабильного катализата).

В публикации [14], описывается оптимизация работы установок каталитической изомеризации и каталитического риформинга совместно с блоком колонн разделения методом математического моделирования. Авторами выбран оптимальный режим работы колонн блока перегонки бензинов АТ-6, который позволяет разделить потоки между установками и повысить их нагрузку по сырью (сначала подбирается режим так, чтобы в первой колонне максимально отделялись легкие газы и увеличивался выход нижнего продукта для повышения нагрузки на вторую колонну, затем во второй колонне подбирается режим так, чтобы обеспечить высокий выход фракции для повышения нагрузки на третью колонну). Также предоставили оптимальные технологические условия сопряженных процессов каталитического превращения углеводородов и ректификации, которые позволят снизить содержание гептановых углеводородов, и, следовательно, продлить срок службы катализатора СИ-2 на установке Л-35-11/300. Это подтверждается результатами моделирования. Оптимизация состава сырья позволяет провести процесс за счет того, что содержание $C7+$ снижается.

В статье [19] автор предлагает разработать универсальную математическую модель, которая позволяет осуществить оптимальное управление процессом риформинга в реакторах различных типов (выбор объема катализатора и входной температуры для реакторов, обеспечивающие получение продукта необходимого качества при заданной производительности узла риформинга), анализировать процессы при определенном составе реакций смеси, производительности и типе катализатора. Также включение модели узла риформинга в контур

управления обеспечит повышение экономической эффективности процесса (уменьшение энергетических затрат, повышение селективности процесса).

Уравнения модели осуществляется с помощью программного комплекса ReactOp (РНЦ «Прикладная химия»), предназначенный для задач разработки математических моделей технологических объектов, в которых происходит превращение исходных продуктов в конечные за счет различных химических реакций.

В настоящее время для усовершенствования процесса каталитического риформинга разработаны математические модели, такие как «HYSYS», «IZOMER», «ACTIV». Которые позволяют выполнить широкий комплекс расчетов, направленный на увеличение выхода целевого продукта, повышение активности катализатора, увеличение выхода водорода, увеличение октанового числа и т. д.

2.3 Совершенствование технологического оформления процесса

Целью работы в публикации [13] является увеличение эффективности управления процессом каталитического риформинга за счет разработки интеллектуальной системы управления данным процессом. Для этого авторы исследовали стабилизационную колонну установки каталитического риформинга. Авторами описан краткий обзор математических моделей каталитического риформинга, после чего вывели проблему – отсутствие учета неизмеримых возмущений и измерения параметров состояния объектов. Для повышения эффективности управления процессом стабилизации катализата риформинга, авторами разработана система регулирования температуры куба колонны на базе нечеткой логики. Также произвели сравнительный анализ переходных процессов системы с цифровым ПИД-регулятором и системы с цифровым нечетким регулятором,

который показал наличие ряда преимуществ нечеткого регулятора (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели качества процессов в системах управления

Показатель	Система с ПИД- регулятором	Система с нечетким регулятором
1	2	3
Время переходного процесса t_p , [мин]	200	180
Перерегулирование σ , [%]	21,29	7,59
Время достижения первого максимума t_{MAX} , [мин]	21,875	19,89
Степень затухания ψ	$(21,29 - 3,33) / 21,29 = 0,8436$	$(7,59 - 3,32) / 7,59 = 0,5626$
Квадратичный интегральный критерий качества I_2	7418	975,5

В статье [15] авторами показаны пути совершенствования технологии риформинга для повышения эффективности производства высокооктановых бензинов (разработка новых типов катализаторов, введение технологии непрерывной регенерации катализатора, разработка и проектирование блоков предварительной гидроочистки сырьевой). А также роль процесса риформинга в отечественной нефтехимии и нефтепереработки. Важность и актуальность данного процесса возрастает с каждым годом, за счет того, что постоянно вводятся новые требования к качеству моторных топлив и их химическому составу. Приведены таблицы сравнения: региональное размещение мощностей каталитического риформинга (таблица 5) и в зависимости от типа процесса (таблица 6).

Таблица 5 – Региональное распределение мощностей каталитического риформинга.

Регион	Нефтеперерабатывающие мощности (барр. /день)	Мощности риформинга (барр. /день)	Доля процессов риформинга, %
Северная Америка	20030	4075	20,3
Западная Европа	14505	2135	14,7
Азия – Тихий океан	20185	2000	10,0
Восточная Европа	10680	1430	13,4
Средний Восток	6075	570	9,4
Южная Америка	6490	400	6,1
Африка	3200	390	12,1
Всего:	81165	11000	13,6

Таблица 6 – Региональное размещение мощностей каталитического риформинга в зависимости от типа процесса.

Регион	Общая мощность процесса риформинга (1000 барр. /день)	Распределение по типу процесса, %			
		Периодический	Непрерывный	Циклический	Другой тип
Северная Америка	4075	46,4	26,8	22,2	4,6
Западная Европа	2135	54	31,5	11,0	3,5
Азия – Тихий океан	2000	42,4	44,8	1,6	11,2
Восточная Европа	1430	86,4	11,0	1,1	1,5
Средний Восток	570	63	23,1	7,2	6,7
Южная Америка	400	80,4	9,3	0,6	3,5
Африка	390	81,9	0,0	1,8	16,3
Всего:	11000	56,8	26,9	11,1	5,2

В таблице 6 большинство процессов являются риформинги с периодического действия. Исходя из приведенных данных по Восточной Европе, в России основным является риформинг с периодической регенерацией катализатора. Основная часть существующих в России установок с непрерывной регенерацией катализатора выполняется по иностранным проектам. Практически полное отсутствие процесса риформинга циклического действия за счет отсутствия информации по нему в отечественной технической литературе.

В статье [18] авторы предлагают технологию риформинга с блоком межступенчатого разделения риформата (сырья), в котором сырьевая бензиновая фракция на первой ступени подвергается каталитическому риформированию в нескольких реакторах, а затем полученный катализат разделяется на три фракции таким образом, чтобы максимально извлечь алканы из последнего реактора риформинга второй ступени, где проходит их интенсивный гидрокрекинг, а также направить на дальнейшую конверсию в реактор второй ступени низкооктановые парафины.

Технология риформинга позволяет усовершенствовать селективность процесса, повысить выход риформата на 8-9 % масс. на сырье и уменьшить нагрузку дорогостоящего платиносодержащего катализатора в реакторах на 20-25 %.

Проводя анализ статей по данному разделу, можно заметить, что совершенствование технологии каталитического риформинга, начиная с 1940 года и по настоящее время, достиг высокого уровня, например,

- Увеличение выхода и качества риформата;
- Внедрение биметаллических катализаторов;
- Внедрение технологии с непрерывной регенерацией катализатора;
- Разработка и проектирование блоков предварительной гидроочистки сырья и др.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В данной работе объектом исследования является промышленная установка каталитического риформинга бензинов Л-35-11/450К, которая входит в состав ООО «РН-Комсомольский НПЗ». Строительство Комсомольского нефтеперерабатывающего завода началось с 1938 года, а уже в 1942 году он начал свою работу. Завод располагается в Хабаровском крае, в городе Комсомольск-на-Амуре и входит в состав известной компании «Роснефть». Данный объект перерабатывает западносибирскую и сахалинскую нефть. Первая поставляется по системе трубопроводов ОАО «АК «Транснефть», а вторая – по нефтепроводу Оха–Комсомольск-на-Амуре [18].

Промышленный завод выпускает большой ассортимент продукции:

1. Бензины марок АИ – 80, 92, 95, 98;
2. Дизельное и судовое топливо;
3. Кокс;
4. Мазут;
5. Сжиженный газ;
6. Авиакеросин;
7. Сера, и др.

Комсомольский НПЗ – это основной поставщик нефтепродуктов на рынок Крайнего Севера, Дальнего Востока, стран Юго-Восточной Азии (Корея, Вьетнам, Япония) [19].

Мощность НПЗ составляет около 8,0 млн.т нефти в год. Основные показатели работы завода по состоянию на 2015 год приведены в таблице 7 [19].

Таблица 7 – Основные показатели работы Комсомольского НПЗ

	2011	2012	2013	2014
Объем переработки, млн. т.	7,62	7,48	7,12	7,60
Глубина переработки, %	60,30	61,90	60,68	60,85

Продолжение таблицы 7

	2011	2012	2013	2014
Выпуск нефтепродуктов, млн. т	7,42	7,31	6,95	7,43
В том числе				
Бензин	1,50	1,41	1,29	1,45
Дизельное топливо	2,13	2,07	1,93	1,90
Мазут	2,98	2,81	2,76	2,93

За все свое время предприятие стало очень сильно развиваться благодаря внедрению новых технических и организационных решений, которые были направлены на улучшение качества выпускаемой продукции.

В состав Комсомольского НПЗ входят следующие установки:

1. Комплекс каталитического риформинга, который был запущен в 2001 году, его мощность составила 450 тыс. т в год.
2. В 2002 году были введены установки первичной переработки нефти АВТ-2 и изомеризации легкой нефти мощностью 2 млн. т в год [20].
3. Установка гидроочистки дизельного топлива была сдана в эксплуатацию в 2006 году. Реконструкция установки ЭЛОУ – АВТ-3 была закончена в 2007 году, с повышением ее мощности.
4. Запуск установки замедленного коксования в 2012 году [19].

Процесс каталитического риформинга занимает первое место при производстве автомобильных высокооктановых бензинов. Используя метод математического моделирования, а именно технологические моделирующие системы, осуществляется поиск способов усовершенствования производственных установок. Таким образом, методом исследования промышленной установки Л-35-11/450К будет метод математического моделирования. На кафедре химической технологии топлива и химической кибернетики была разработана компьютерная моделирующая система для мониторинга и прогнозирования эксплуатационных параметров работы промышленных установок каталитического риформинга бензинов –

«Активность», которая позволяет выполнять широкий комплекс расчетов (рис. 4).

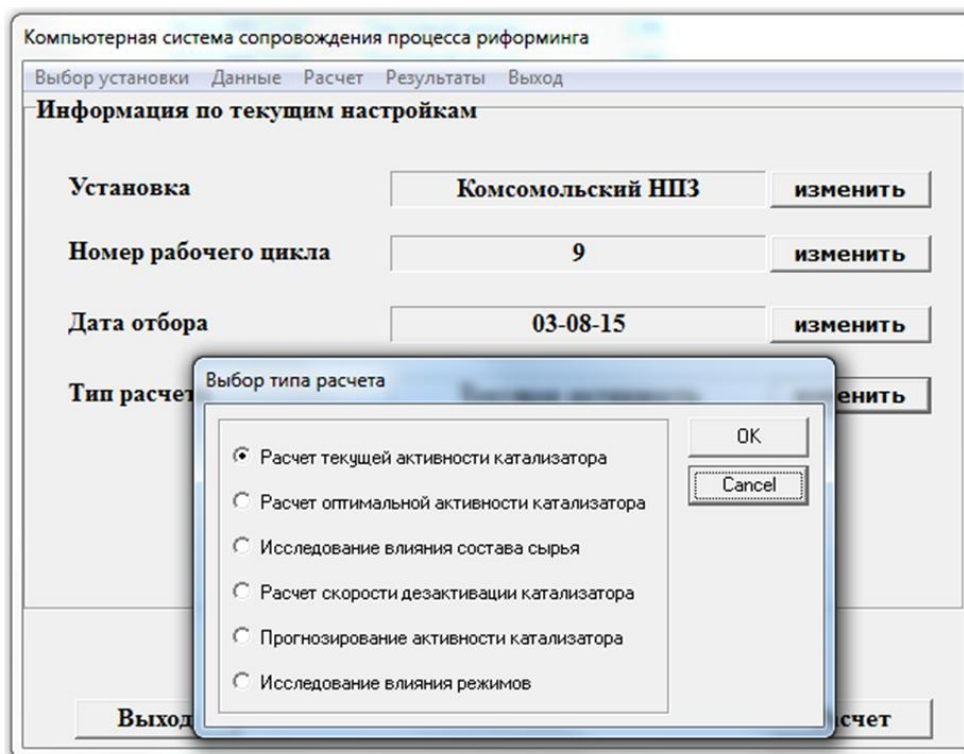


Рисунок 4 – Основное окно компьютерной моделирующей системы

1. Расчет текущей и оптимальной активности катализатора;
2. Исследования по влиянию на процесс состава перерабатываемого сырья;
3. Расчет скорости дезактивации катализатора;
4. Проводить прогнозные расчеты активности катализатора на длительный интервал времени, что дает возможность промышленникам корректировать технологические параметры и планировать время регенерации катализатора;
5. Исследование влияния технологических параметров является одной из отличительных особенностей данного программного продукта от аналогов. Пользователь может подбирать технологические параметры таким образом, чтобы получить требуемое октановое число, выход продукта, а также увеличить межрегенерационный цикл катализатора.

6. Исследование катализатора. Пользователь имеет возможность провести исследования на различном сырье (более тяжелом или более легком) и подобрать катализатор оптимальный для тех технологических режимов, которые применяются на тестируемой установке.

Технологические параметры процесса риформинга

Дата отбора: 09.2014

Дата регенерации катализатора: 12.05.2014

Объем переработанного сырья, т.: 149356

Расход ВСГ, м.куб/час: 77049,4

Влажность ВСГ, ppm: 22,5

Серв в гидрогенизате, ppm: 0,10

Расход сырья, м.куб/час: 65,0

Гидрогенизатор

Печь

Катализат

Параметр	P-2	P-3	P-4	P-5
Давление, атм	17,00	17,00	17	17
Температура, °C	476,2	476,2	476,21	476,2
Перепад темп., °C	67,3	36,7	18,17	9,5

Состав ВСГ

Вещество	Н ₂	С1	С2	С3	н-С4	изо-С4	н-С5	изо-С5	С6	Итого
Содержание	86,89	4,73	3,20	2,97	0,72	0,84	0,00	0,00	0,00	99,4%

<< Назад Далее >>

Рисунок 5 – Окно ввода технологических параметров процесса

Результаты расчета

Расчет проведен успешно.

На текущую дату 03.02.2006 переработанно 215791 тонн сырья.
Выход риформата: 82,97% вес.
Расчетная концентрация ароматики в катализате: 79,05 % вес.
Октановое число катализата: 94,5 (М.М.), 103 (И.М.).

Подробнее

Просмотр файла результатов	Сравнение результатов	Металлич. и кислотн. активность
Рекомендации	Информация о сырье	Закреть

Рисунок 6 – Результаты расчета процесса риформинга на компьютерной моделирующей системе

На рисунке 5, 6 показан примерный расчет на компьютерной моделирующей системе [21].

В следующих разделах будут показаны результаты исследования установки каталитического риформинга бензинов Л-35-11/450К Комсомольского НПЗ за период работы с 18.03.2014 по 07.04.2015. Изучено влияние технологических параметров на работу промышленной установки и определены оптимальные режимы эксплуатации.

3.1 Мониторинг установки каталитического риформинга бензинов Л-35-11-450К Комсомольского НПЗ

Мониторинг – это непрерывный процесс наблюдения и регистрации параметров объекта, в сравнении с заданными критериями [22].

В данном разделе рассмотрим, как работает промышленная установка Л-35-11/450К относительно оптимальных параметров эксплуатации. Для этого рассчитали основные показатели процесса риформинга бензинов в текущем и оптимальном режимах. Полученные данные приведены в приложении Б и В.

Текущий режим позволяет рассчитать эффективность процесса риформинга при фактических параметрах работы промышленной установки, а оптимальный – как будет работать установка при получении продукта заданного качества.

При расчетах выявлены отклонения от оптимальных следующих показателей:

1. Выход риформата увеличивается на 2,07 % масс;
2. Активность катализатора ниже на 0,15 отн. ед.;
3. Выход водорода снижен на 0,15 % масс;
4. Степень изомеризации и ароматизации уменьшается на 3 и 5,22 % масс. соответственно;

5. Содержание ароматических углеводородов в риформате ниже на 5,59 % масс.
6. Коксообразование на катализаторе ниже на 1,43 % масс.



Рисунок 7 – Изменение активности катализатора в процессе эксплуатации

Значения текущей и оптимальной активности достаточно близки, однако с 20.01.2015 г. наблюдаются небольшие расхождения. Отклонение в пределах 0,15-0,05 отн. ед. Эти, достаточно небольшие, отклонения оказывают влияние на весь процесс в целом.



Рисунок 8 – Изменение выхода водорода в течение сырьевого цикла

Анализ технологических параметров показал, что для достижения заданного качества продукта в этот период следует увеличить кратность циркуляции ВСГ. Это приведет к увеличению выхода водорода на 0,15 % (рис. 8), возрастанию активности (рис. 7), а также увеличению степени ароматизации на 5,22 % и изомеризации на 3 % (отбор 20.01.2015).



Рисунок 9 – Изменение степени изомеризации от количества перерабатываемого сырья



Рисунок 10 – Изменение степени ароматизации от количества перерабатываемого сырья

Отклонения степеней изомеризации и ароматизации, оптимальной активности от текущей, в свою очередь влекут за собой увеличение содержания ароматических углеводородов в риформате на 5,59 % масс.



Рисунок 11 – Изменение ароматических углеводородов в риформате в течение сырьевого цикла

Увеличение ароматических углеводородов в риформате также отражается и на увеличении октанового числа продукта. При текущем режиме наблюдается резкий спад. Так как по регламенту на производстве необходимо получать продукт с ОЧ=95, то оптимальный режим рассчитан именно на эти параметры.



Рисунок 12 – Изменение октанового числа риформата в течение цикла



Рисунок 13 – Изменение выхода риформата в течение сырьевого цикла

Так как качество (ОЧ) и количество (выход) продукта тесно связаны между собой прямой зависимостью, то при увеличении одного параметра, второй снижается. Так как необходимо было увеличить ОЧ до заданного, то это повлияло на снижение выхода продукта на 2,31 % при оптимальных параметрах.



Рисунок 14 – Изменение коксообразования на катализаторе от количества перерабатываемого сырья

Изменение октанового числа и выхода продукта отражается и на темпе коксонакопления. При длительной эксплуатации количество образуемого кокса, при оптимальной активности, становится выше, чем при текущей активности, при переработке 262710 т сырья (дата отбора 20.01.2015), на 1,43 % масс.

Кроме того, на описанные выше отклонения также могут оказывать влияние изменение состава сырья (отбор 20.01.2015).

Таким образом, для оптимизации данной установки получили два решения – или получение продукта заданного качества, но с низким объемом выпуска, или же получение большого объема выпускаемой продукции, но с низким качеством продукта. Эти критерии противоречивы, поэтому решение будет компромиссным, т. е. улучшение решения по одному критерию, приводит к ухудшению решения по другому критерию [23].

3.2 Исследование состава перерабатываемого сырья

Для проведения данного типа исследований был выбран технологический режим за дату отбора 04.03.2015 г. (табл. 8). Далее при помощи компьютерной моделирующей системы рассчитали, как изменяется сырье в течение рабочего цикла, и как оно влияет на эффективность промышленного процесса риформинга бензинов. Результаты расчета приведены в таблице 9 и в приложении Г, Д.

Таблица 8 – Технологический режим работы установки каталитического риформинга бензинов за дату отбора 04.03.2015 г.

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Активность, отн. ед.	0,92	Температура входа, °С	481
Переработанное сырье, т	310650	Расход сырья, м3/ч	68
Число крекинга	1,9	Кратность циркуляции, м3/м3	1159,4
Водород, % масс.	88,4		

Таблица 9 – Исследование влияния состава перерабатываемого сырья

Дата отбора	05.08.2014	19.08.2014	26.08.2014	23.09.2014	18.11.2014	20.01.2015	04.03.2015	17.03.2015
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Выход риформата, % масс.	83,22	85,46	84,97	84,55	84,06	84,97	85,43	85,63
Выход водорода, % масс.	1,89	1,78	1,79	1,73	1,8	1,8	1,83	1,81
Пар/(Нафт+Аром) в сырье	1,13	0,82	0,77	0,9	0,94	0,88	0,82	0,81
н-Пар/и-Пар в сырье	0,74	0,66	0,75	0,67	0,66	0,68	0,69	0,68
Степень изомеризации	30	24	32	25	21	26	27	28
Степень ароматизации	22,26	18,02	17,43	19,74	20,85	18,1	17,36	15,83
Ароматика, % масс.	62,26	66,75	67,14	65,72	65,84	64,97	65,53	64,74
Кокс, % масс.	6,45	7,15	7,1	7,66	7,21	6,94	6,65	6,55
Октановое число	95	96,4	96,6	96	96,7	93,1	95	94,8

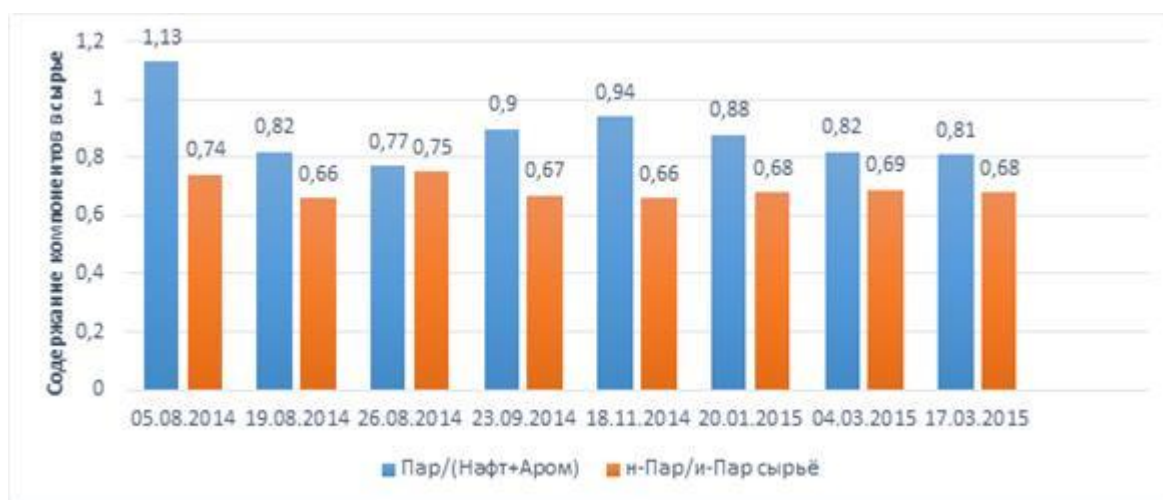


Рисунок 15 – Состав перерабатываемого сырья

Результаты проведенных исследований (табл. 9, рис. 15) показали, что состав перерабатываемого сырья изменяется в течение сырьевого цикла и оказывает влияние на выходные показатели процесса. На основе полученных данных были построены графики по основным параметрам процесса, на которые состав перерабатываемого сырья влияет в значительной степени:

выход продукта, количество образовавшегося на катализаторе кокса и качество продукта (октановое число риформата).

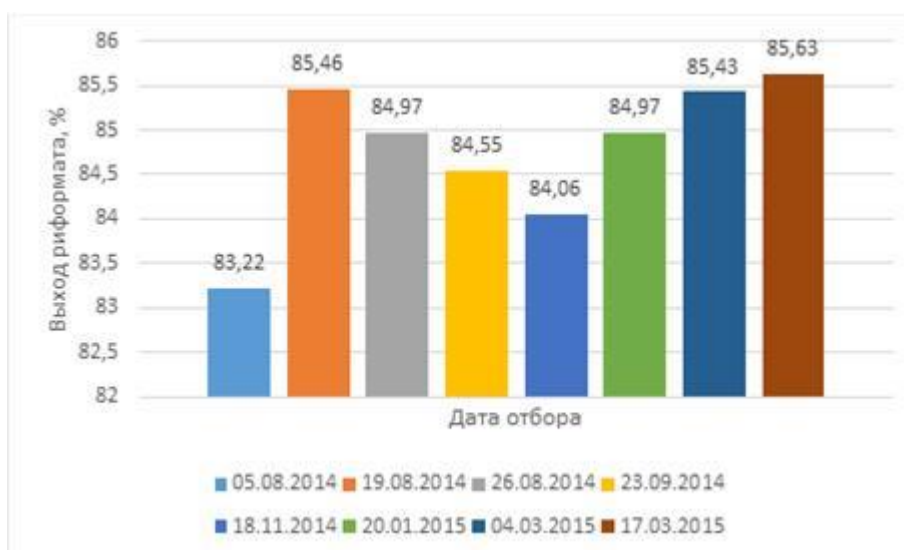


Рисунок 16 – Влияние состава сырья на выход риформата

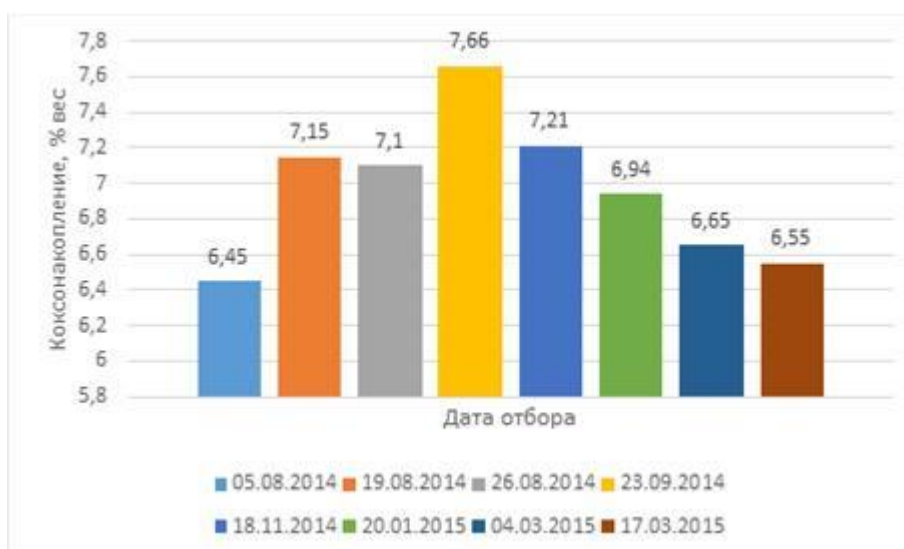


Рисунок 17 – Влияние состава сырья на коксонакопление

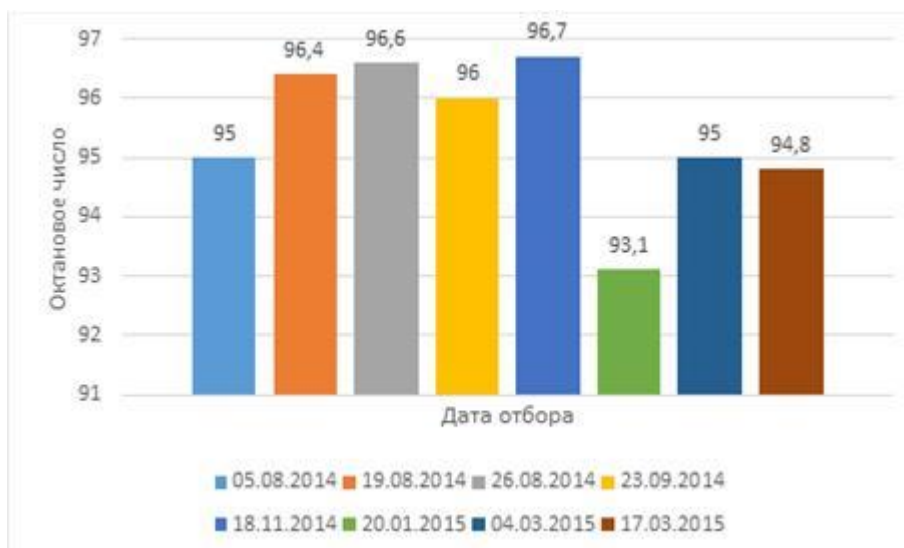


Рисунок 18 – Влияние состава сырья на октановое число продукта

Анализируя состав перерабатываемого сырья (Приложение Д) и сравнивая три графика (рис. 16-18) можно сделать следующие выводы:

- низкое октановое число 93,1 пункта за 20.01.2015 г. связано с тем, что в этой пробе большое содержание парафиновых углеводородов.
- в пробе за 05.08.2014 г. содержание парафиновых углеводородов тоже велико, однако, за счет того, что больше углеводородов изо-строения, то ОЧ в пределах 95 пунктов, но низкий выход риформата 83,22 % масс.
- 23.09.2014 г. наблюдается высокое коксообразование 7,66 % масс. Это связано скорее всего с тем, что в исходном сырье больше ароматических углеводородов, чем в других пробах, что приводит к крекингу.

Таким образом, исследования показали, что сырье оказывает значительное влияние на основные параметры процесса. Для оптимизации работы промышленной установки необходимо осуществлять постоянный контроль состава сырья и своевременно регулировать технологический режим.

3.3 Прогнозирование активности катализатора

Активность катализатора – это один из важнейших технологических параметров, который характеризует эффективность катализатора. Уровень снижения активности и скорость коксонакопления отвечают за срок службы каталитического контакта. Так как в компонентный состав катализатора риформинга входят дорогостоящие металлы (Pt, Re и др.), то прогнозные исследования направлены на расчет соответствующих зависимостей.

Расчеты проводились до июня 2016 г. от последней даты (07.04.2015 г.), т. е. было сделано допущение, что и в дальнейшем установка будет работать на том же сырье и с той же загрузкой по сырью. Результаты приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Прогнозные расчеты активности катализатора

Дата отбора	07.04.15	07.06.15	07.08.15	07.10.15	07.12.15	07.02.16	07.04.16	07.06.16
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Активность, отн.ед.	0,92	0,91	0,9	0,89	0,88	0,87	0,87	0,86
Перераб. сырьё т.	341629	416990	491654	566318	640982	716870	790310	864974
Число крекинга	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Водород, %	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7	86,7
Выход водорода, %	1,85	1,84	1,85	1,84	1,85	1,84	1,84	1,85
Температура входа, °С	482	482	484	484	485	485	487	488
Расход сырья м ³ /ч	68	68	68	68	68	68	68	68
Пар/(Нафт+Аром)	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
н-Пар/и-Пар сырьё	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Степень изомеризации	29	29	29	28	29	28	29	29
Кратн. цирк. м ³ /м ³	1193,4	1193,4	1193,4	1193,4	1193,4	1193,4	1193,4	1193,4
Степень ароматизации	16,58	16,31	16,48	16,21	16,39	16,05	16,3	16,48
Ароматика, %вес.	65,18	64,88	65,07	64,78	64,98	64,61	64,87	65,07
Кокс, %вес.	4,88	5,25	5,9	6,7	7,68	8,73	9,88	11,17
Октановое число о.ч.и.	95,1	95	95,1	95	95	94,9	95	95,1

Для пояснения технологических параметров составили графики.

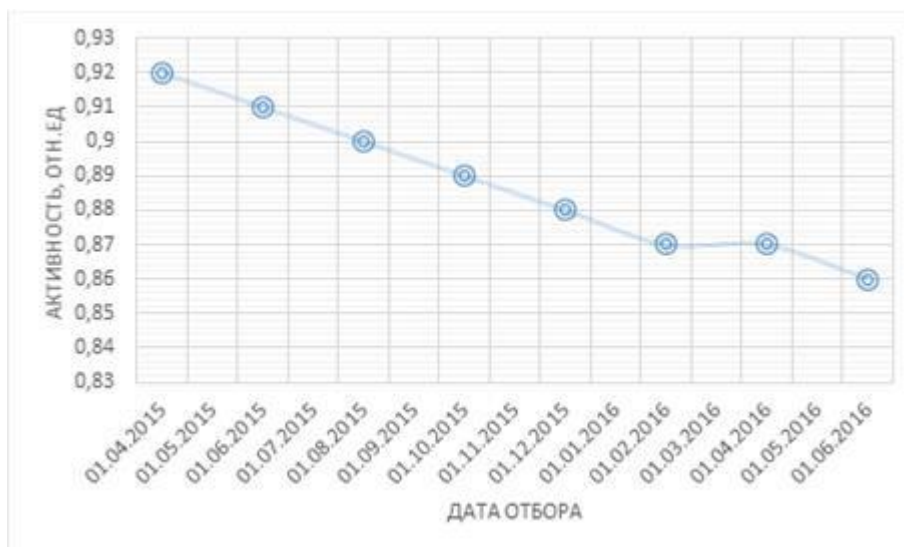


Рисунок 19 – Изменение активности катализатора

Активность катализатора по истечении времени снижается, т.к. любой катализатор рассчитан на непрерывную работу без регенерации в течение года. Так как активность катализатора стала уменьшаться, то необходимо было увеличить температуру входа, для поддержания качества продукта на заданном уровне.

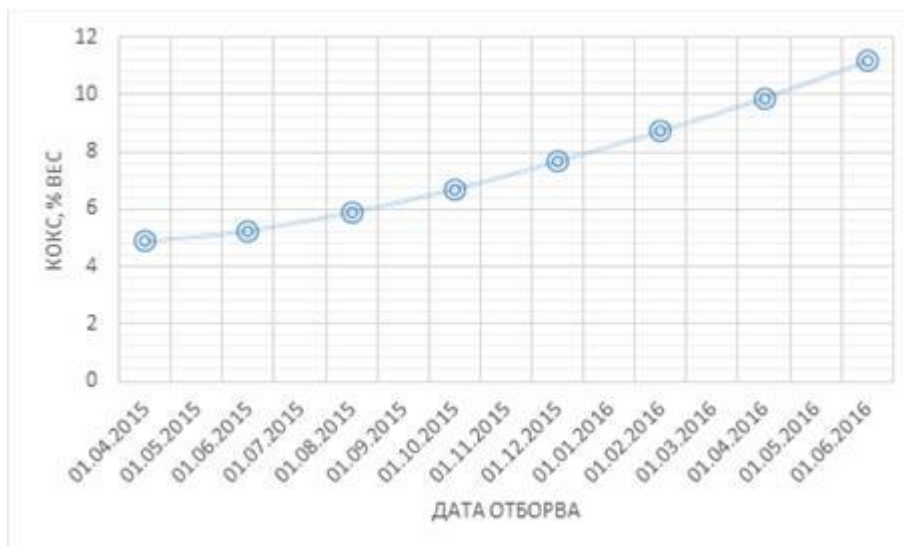


Рисунок 20 – Изменение коксообразования на катализаторе

Если температура входа увеличивается, то соответственно увеличивается и количество кокса на катализаторе.

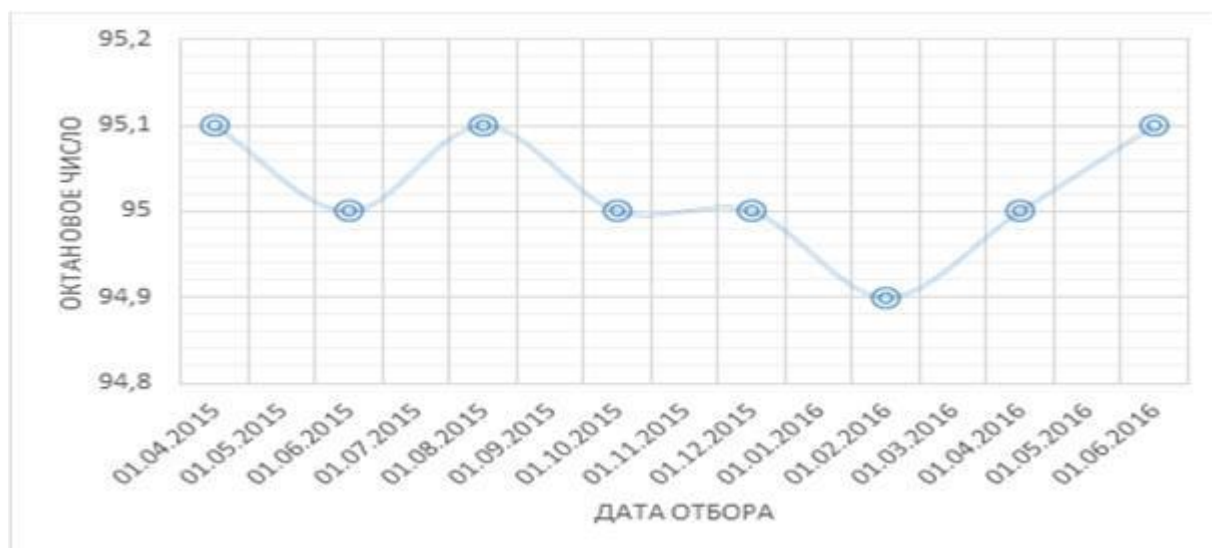


Рисунок 21 – Изменение октанового числа

Октановое число меняется в зависимости от изменения ароматики и степени ароматизации.

Вывод: прогноз активности с 07.04.2015 по 07.06.2016 показал, что нарушен цикл регенерации катализатора и это привело к увеличению коксообразования и снижению активности катализатора, а также незначительным отклонениям по октановому числу.

Исходя их полученных данных видны значительные изменения:

1. Активность катализатора снижается от 0,92 до 0,86 отн. ед.
2. Количество перерабатываемого сырья увеличивается от 341629 до 864974 т.
3. Температура входа увеличивается от 482 до 488 °С.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Бензин – горючая смесь лёгких углеводородов с температурой кипения от 33 до 205 °С.

Полученный в ходе исследовательской работы бензин марки АИ-95 на установке каталитического риформинга Л-35-11-450К Комсомольского НПЗ составляет конкуренцию большинству другим заводам.

Бензины используются в качестве моторных топлив и сырья в промышленном органическом синтезе. Что подтверждает значимость заявленной темы выпускной квалификационной работы.

Для расчетов данного раздела воспользуемся методическими указаниями [24, 25].

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, *сегмент рынка* – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

В данной работе продуктом и целевым рынком являются:

продукт: автомобильный бензин марки АИ-95;

целевой рынок: автозаправочные станции (АЗС).

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

При ведении собственного производства необходим систематический анализ конкурирующих разработок во избежание потери занимаемой ниши рынка. Периодический анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности позволяет оценить эффективность научной разработки по сравнению с конкурирующими предприятиями. Из наиболее влияющих предприятий-конкурентов в области производства бензинов марки АИ-95: ПАО «Газпром нефть» и ОАО «Сургутнефтегаз».

В таблице 11 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические решения в области производства бензина марки АИ-95.

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Выход продукта	0,3	4	5	3	1,2	1,5	0,9
2. Качество продукта	0,3	5	4	3	1,5	1,2	0,9
3. Энергоемкость процессов	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
Экономические критерии оценки эффективности							
4. Цена	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
5. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
6. Финансирование научной разработки	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
Итого	1						

Б_ф – продукт проведенной исследовательской работы;

Б_{к1} – ПАО «Газпром нефть»;

Б_{к2} – ОАО «Сургутнефтегаз».

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Матрица SWOT

Внутренняя среда	Внешняя среда	
1	2	3
	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: 1. Систематическое повышение уровня квалификации. 2. Наличие квалифицированного персонала, имеющего опыт работы в данной области. 3. Наличие постоянных поставщиков (Зап. Сибирь и Сахалин). 4. Высокое качество продукции, соответствующее мировым стандартам. 5. Внедрение новых узлов оборудования и совершенствования технологических процессов.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: 1. Низкий уровень заработной платы для молодых специалистов. 2. Устаревшее оборудование. 3. Высокая степень износа оборудования. 4. Повышение цен у поставщиков. 5. Высокий уровень цен на выпускаемую продукцию.

Продолжение таблицы 12

1	2	3
Возможности: 1.Спрос на выпуск нефтепродуктов в России, некоторых странах АТР достаточно высок и имеет устойчивую тенденцию к увеличению. 2.Малое количество посредников на территории Дальнего Востока. 3.Небольшое количество конкурентов на территории Дальнего Востока. 4.Высокое качество поставляемых ресурсов.	Сильные стороны и возможности: 1.Эффективное использование ресурсов производства. 2.Оптимизация количества посредников за счет постоянных и проверенных поставщиков (пользоваться услугами постоянных поставщиков). 3.Поддержание увеличения спроса и выхода на новые рынки сбыта товара за счет высокого качества продукции.	Слабые стороны и возможности: 1.Создание эффективной системы мотивации и стимулирования для сотрудников. 2.Наработка и укрепление конкурентных преимуществ продукта. 3.Модернизация оборудования. 4.Внедрение технологии 5. Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений
Угрозы: 1.Увеличение уровня налогов. 2.Повышение требований к качеству продукции. 3.Несвоевременные поставки сырья и оборудования.	Сильные стороны и угрозы: 1.Применение оптимальной налоговой политики. 2.Внедрение менеджмента качества. 3.Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений.	Слабые стороны и угрозы: 1.Повышение цен на выпускаемую продукцию. 2.Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений.

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения).

Степень готовности научной разработки к коммерциализации и уровень собственных знаний для ее проведения заполняется в специальной форме (таблица 13).

Таблица 13 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	2	3	4
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	2
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	2	2
	ИТОГО БАЛЛОВ	36	36

По результатам оценки можно сказать, что данная разработка считается средней перспективности.

4.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы.

Заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта указаны в таблице 14.

Таблица 14 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Автозаправочные станции «Роснефть»	Бензин марки АИ-95

В таблице 15 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Цели проекта включают цели в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таблица 15 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Получение бензина с октановым числом 95 с помощью компьютерной моделирующей программы «Активность»
Ожидаемые результаты проекта:	Получение результатов по работе с математической моделью
Критерии приемки результата проекта:	Адекватность результатов
Требования к результату проекта:	Требование:
	Стандартизация готового продукта

4.2.1 Организационная структура проекта

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте.

Эта информация представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Чернякова Е.С., НИ ТПУ, кафедра ХТТ и ХК, доцент, к.т.н.	Руководитель	Координация деятельности проекта	250
2	Комаришина И.И., НИ ТПУ, кафедра ХТТ и ХК, студент	Исполнитель	Выполнение ВКР	620
ИТОГО:				870

4.2.2 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (таблица 17).

Таблица 17 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	90116306,68руб.
3.1.1. Источник финансирования	ОАО «Комсомольский НПЗ»
3.2. Сроки проекта:	11.01.16-25.05.16
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	11.01.16
3.2.2. Дата завершения проекта	25.05.16

4.4 Планирование управления научно-техническим проектом

4.4.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представлен в виде таблицы (таблица 18).

Таблица 18 – Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Изучение литературы, составление литературного обзора	40	11.01.16	29.02.16	Комаришина И.И.
Расчет на математической модели	31	01.03.16	31.03.16	Комаришина И.И.
Обсуждение полученных результатов	14	01.04.16	15.04.16	Комаришина И.И. Чернякова Е.С.
Оформление выводов	18	20.04.16	02.05.16	Комаришина И.И. Чернякова Е.С.
Оформление пояснительной записки	21	03.05.16	24.05.16	Комаришина И.И. Чернякова Е.С.
Итого:	124	11.01.16	25.05.16	

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ (таблица 19).

Таблица 19 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работ	Исполнители	Т _к , кал ,дн.	Продолжительность выполнения работ														
			янв		февр			март			апрель			май			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Изучение литературы, составление литературного обзора	Студент	40															
Расчет на математической модели	Студент	31															
Обсуждение полученных результатов	Студент, руководитель	14															
Оформление выводов	Студент, руководитель	18															
Оформление пояснительной записки	Студент, руководитель	21															

4.4.2 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице (таблица 20).

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

Таблица 20 – Группировка затрат по статьям

Затраты по статьям					
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
1)84230130	5750000	92718,5	12032,8	31425,4	90116306,7
2)142318010	5750000	92718,5	12032,8	28387,5	148204186,7
3) 37514730	5750000	92718,5	12032,8	28387,5	43400906,7

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3-5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов).

Результаты по данной статье указаны в таблице в приложении Е.

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме (таблица 21). Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Таблица 21 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, т.руб.	Сумма амортизационных отчислений, т.руб.
1.	Реактор	4	150,0	22,50
2.	Ректификационная колонна	6	5000,0	750,00
3.	Сепаратор	3	100,0	15,00
4.	Теплообменник	6	10,0	1,50
5.	Печь	3	300,0	45,00
6.	Насос	6	20,0	3,00
7.	Рефлюксные ёмкости	2	120,0	18,00
8.	Холодильник	5	50,0	7,50
Итого			5750,0	862,50

Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда). Расчет основной заработной платы сводим в таблицу 22.

Таблица 22 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	T _р , раб.дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	28924,9	1,3	37602,4	1253,4	64	80218,5
Студент	2500				88	12500

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (1)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (2)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (3)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 23).

Таблица 23 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	136	136
Количество нерабочих дней	42	42
- выходные дни	6	6
- праздничные дни		

Продолжение таблицы 23

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	-
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	64	88

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т. п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (4)$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 24 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 24 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	80218,5	12500
Дополнительная зарплата	12032,8	-
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	92251,3	12500

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (5)$$

где $k_{\text{внеб}} = 30\%$ коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 25 – Отчисления на социальные нужды

	Руководитель	Магистрант
Зарплата	80218,5	12500
Отчисления на социальные нужды	27675,4	3750

4.4.3 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная (таблица 26).

Таблица 26 – Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

Вывод: на основе проведенного анализа выбора организационной структуры научного проекта – наиболее выгодной является проектная структура.

4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Бюджетная эффективность характеризуется участием государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней.

4.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

Динамические методы оценки инвестиций базируются на применении показателей:

- чистая текущая стоимость (**NPV**);
- срок окупаемости (**PP**);
- внутренняя ставка доходности (**IRR**);
- индекс доходности (**PI**).

Все перечисленные показатели основываются на сопоставлении чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности, и их приведении к определенному моменту времени.

Теоретически чистые денежные поступления можно приводить к любому моменту времени (к будущему либо текущему периоду). Но для практических целей оценку инвестиции удобнее осуществлять на момент принятия решений об инвестировании средств.

Чистая текущая стоимость (NPV)

Данный метод основан на сопоставлении дисконтированных чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности.

Если инвестиции носят разовый характер, то NPV определяется по формуле

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0, \quad (6)$$

где $ЧДП_{опt}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t=0, 1, 2 \dots n$);

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Чистая текущая стоимость является абсолютным показателем. Условием экономичности инвестиционного проекта по данному показателю является выполнение следующего неравенства: $NPV > 0$.

Чем больше NPV , тем больше влияние инвестиционного проекта на экономический потенциал предприятия, реализующего данный проект, и на экономическую ценность этого предприятия.

Инвестиционный проект считается выгодным, если NPV является положительной.

План денежных потоков представлен в таблице 27.

Таблица 27 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

Наименование показателя	Годы (t =0, 1, 2...n)				
	0	1	2	3	4
Выручка от реализации, тыс.руб		112645,4	112645,4	112645,4	112645,4
Инвестиционные издержки, тыс.руб.	-90116,3	0	0	0	0
Амортизация оборудования, тыс.руб.	862,5	862,5	862,5	862,5	862,5
Сырье, тыс.руб.	84230,1	84230,1	84230,1	84230,1	84230,1
ФОТ, тыс.руб.	104,8	104,8	104,8	104,8	104,8
Операционные затраты, тыс. руб	0,0	21299,3	21299,3	21299,3	21299,3
Прибыль до вычета налогов, тыс.руб.	0,0	91346,0	91346,0	91346,0	91346,0
Налоги	0,0	18269,2	18269,2	18269,2	18269,2
Чистая прибыль, тыс.руб.	0,0	73076,8	73076,8	73076,8	73076,8
Чистый денежный поток ЧДП=Пчист+Ам	-90116,3	73939,3	73939,3	73939,3	73939,3
Коэффициент дисконтирования (приведения при $i=0,20$)	1	0,833	0,694	0,579	0,482
Дисконтированный чистый денежный поток	-90116,3	61591,5	51313,9	42810,9	35638,8
То же нарастающим итогом (NPV)	-90116,3	-28524,8	22789,1	65599,9	101238,7

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 101238690 д. ед., что позволяет судить о его эффективности.

Дисконтированный срок окупаемости (PP)

Метод расчета срока окупаемости инвестиций *PP* (Токуп.) состоит в определении того периода, через который первоначальные инвестиции будут возвращены прибылью или чистыми денежными поступлениями.

Чистые денежные поступления (прибыль) по годам неравномерны. В данной ситуации срок окупаемости устанавливается путем определения кумулятивного (накопленного) денежного потока (таблица 28).

Таблица 28 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$)	-90116,3	61591,5	51313,9	42810,9	35638,8
2.	То же нарастающим итогом	-90116,3	-28524,8	22789,1	65599,9	101238,7
3.	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{диск} = 3 + 65599,93 / 35638,76 = 4,8 \text{ года}$				

Внутренняя ставка доходности (IRR)

Для установления показателя чистой текущей стоимости (NPV) необходимо располагать информацией о ставке дисконтирования, определение которой является проблемой, поскольку зависит от оценки экспертов. Поэтому, чтобы уменьшить субъективизм в оценке эффективности инвестиций на практике широкое распространение получил метод, основанный на расчете внутренней ставки доходности (IRR).

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость следует из таблицы 29 и графика, представленного на рисунке 22.

Таблица 29 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование	0	1	2	3	4	NPV
п/п	показателя						
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Чистые денежные потоки	-90116,3	73939,3	73939,3	73939,3	73939,3	

Продолжение таблицы 29

1	2	3	4	5	6	7	8
1	Чистые денежные потоки	-90116,3	73939,3	73939,3	73939,3	73939,3	
2	Коэффициент дисконтирован ия						
	i=0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	i=0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,35	
	i=0,4	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	i=0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	i=0,6	1	0,625	0,39	0,244	0,095	
	i=0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,07	
3	Дисконтирован ный денежный поток						
	i=0,2	-90116,3	61591,5	51313,9	42736,9	35638,8	101238,7
	i=0,3	-90116,3	56859,3	43772,1	33642,4	25878,8	70036,3
	i=0,4	-90116,3	52792,7	37709,1	26913,9	19224,2	46523,6
	i=0,5	-90116,3	49317,5	32829,1	21812,1	14640,0	28482,4
	i=0,6	-90116,3	46212,1	28836,3	18041,2	7024,2	9997,6
	i=0,7	-90116,3	43476,3	24769,7	15009,7	5175,8	-1684,9

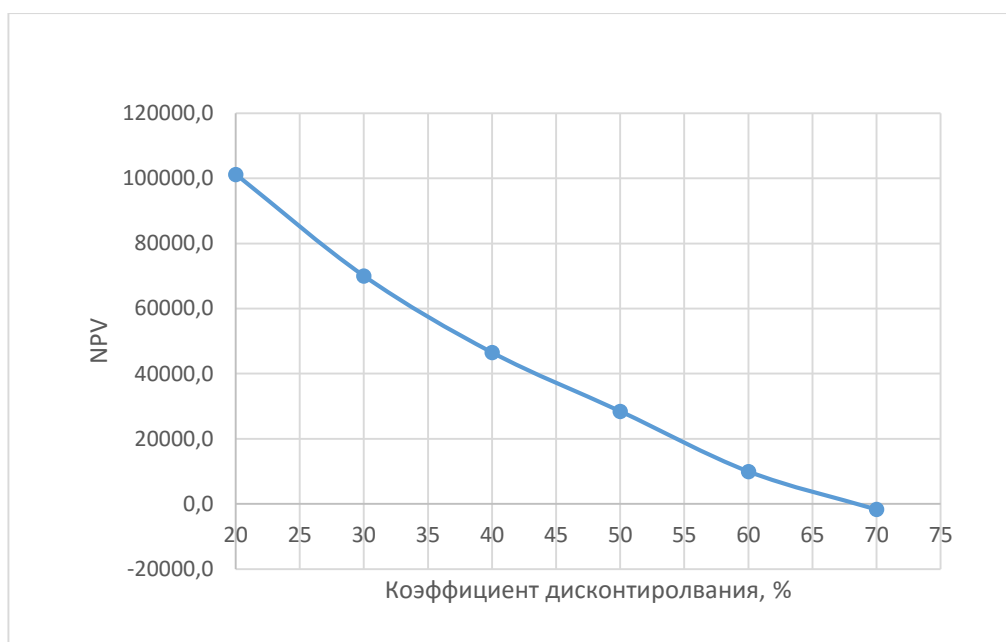


Рисунок 22 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,69.

Индекс доходности (рентабельности) инвестиций (PI)

Индекс доходности показывает, сколько приходится дисконтированных денежных поступлений на рубль инвестиций.

Расчет этого показателя осуществляется по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0, \quad (7)$$

где I_0 – первоначальные инвестиции.

Следовательно, индекс доходности:

$$PI = \frac{61591,5 + 51313,9 + 42810,9 + 35638,8}{90116,3} = 2,1$$

4.5.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования (таблица 30). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Таблица 30 – Группировка затрат по статьям аналогов разработки

Вариант исполнения аналога №	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
1	142318010	5750000	92718,5	28387,5	148204186,7
2	37514730	5750000	92718,5	28387,5	43400906,7

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{90116306,68}{148204186,68} = 0,61, \quad (8)$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{148204186,68}{148204186,68} = 1, \quad (9)$$

$$I_{\Phi}^{a2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{43400906,68}{148204186,68} = 0,29, \quad (10)$$

где I_{ϕ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т. ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разы.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad (11)$$

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p, \quad (12)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов; a_i – весовой коэффициент i-го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i-го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 31.

Таблица 31 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда	0,25	5	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	3
3. Надежность	0,20	5	5	4

Продолжение таблицы 31

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
4. Воспроизводимость	0,25	4	4	4
5. Материалоемкость	0,15	5	4	4
ИТОГО	1	4,6	4,4	3,5

Аналог 1 – ПАО «Газпром нефть»; Аналог 2 – ОАО «Сургутнефтегаз».

$$I_m^p = 5 \times 0,25 + 4 \times 0,15 + 5 \times 0,20 + 4 \times 0,25 + 5 \times 0,15 = 4,6, \quad (13)$$

$$I_1^A = 5 \times 0,25 + 4 \times 0,15 + 5 \times 0,20 + 4 \times 0,25 + 4 \times 0,15 = 4,5, \quad (14)$$

$$I_2^A = 3 \times 0,25 + 3 \times 0,15 + 4 \times 0,20 + 4 \times 0,25 + 4 \times 0,15 = 3,8, \quad (15)$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p} = \frac{4,6}{0,61} = 7,5, \quad (16)$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{\phi}^{a1}} = \frac{4,5}{1} = 4,5, \quad (17)$$

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^{a2}}{I_{\phi}^{a2}} = \frac{3,8}{0,29} = 13,1, \quad (18)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^{a1}} = \frac{7,5}{4,5} = 1,67, \quad (19)$$

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^{a2}} = \frac{7,5}{13,1} = 0,57, \quad (20)$$

где $\mathcal{E}_{ср}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{мэ}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{тэ}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 32 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Разработка	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,7	0,3
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,6	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	4,5	6,6	13,1
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,7		0,6

Аналог 1 – ПАО «Газпром нефть»; Аналог 2 – ОАО «Сургутнефтегаз».

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости существующего варианта решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Вывод: в ходе проведения анализа показателей эффективности инвестиций были проведены расчеты чистой текущей стоимости (NPV) – 101238,7 тыс. руб. Таким образом, данный инвестиционный проект считается выгодным, так как NPV является положительной величиной. Дисконтированный срок окупаемости проекта (PP_{дск}) составил 4,8 года. Так как выполняется условие неравенства $IRR > i$, а внутренняя ставка доходности (IRR) – 0,69, инвестиционный проект экономически оправдан. Индекс доходности (PI) составил 2,1 (данная величина превышает единицу), соответственно данная инвестиция приемлема.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данной работе объектом исследования является промышленная установка каталитического риформинга бензинов Л-35-11/450К, которая входит в состав ООО «РН-Комсомольский НПЗ».

Промышленный завод выпускает большой ассортимент продукции:

1. Бензины марок АИ – 80, 92, 95, 98;
2. Дизельное и судовое топливо;
3. Кокс;
4. Мазут;
5. Сжиженный газ;
6. Авиакеросин;
7. Сера, и др.

5.1 Производственная безопасность

Таблица 33 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по оценке технического состояния установки каталитического риформинга бензинов Л-35-11-450К Комсомольского НПЗ (ГОСТ 12.0.003-74) [26].

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Операторы: ведение технологического процесса риформинга.	повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	повышенный уровень статического электричества (при транспортировке нефтепродуктов)	ГОСТ 12.1.005-88 - Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [27];

Продолжение таблицы 33

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
2) Инженера: организация и контроль работ по работе установки.	повышенный уровень шума на рабочем месте;		ГОСТ 12.1.003-83 -Шум. Общие требования безопасности. [28]; ГОСТ 12.1.018-93 - Пожаровзрывобезопасность статического электричества. [29].

Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум – звуковые колебания, различные по амплитуде и частоте.

На установке каталитического риформинга имеется такое технологическое оборудование как компрессоры, насосы, которые при работе создают шум. Допустимый уровень параметра шума на постоянном рабочем месте определен санитарными нормами СанПиН 2.24/2.1.8.562-93 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территориях жилой застройки» и не должен превышать предельно-допустимого (80 децибел) [30].

Для уменьшения влияния шума на человека необходимо установить компрессорное и насосное оборудование в отдельных помещениях. С целью защиты органов слуха, а значит и нервной системы, в соответствии с ГОСТ 12.1.029-80 «Средства и методы защиты от шума. Классификация» [31], применять следующие средства: противοшумные наушники, вкладыши, шлемы, каски и т.д, также обеспечивать контроль уровней шума на рабочих местах не реже одного раза в год.

Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

Опасность и вредность работы на установке обусловлена применением вредных и токсичных продуктов: топливного газа, нестабильного катализата, нестабильного бензина и т.д.

На установке ведется процесс подогрева в печи за счет сгорания топливного газа. Опасность процесса заключается в выделении влаги, газа и паров вредных веществ.

Таблица 34 – Показатели токсичности (ГОСТ 12.1.005-88) [27].

Наименование вещества	Класс опасности в соответствии с ГОСТ	Температура самовоспламенения, °С	Концентрированный предел воспламенения, %		Характеристика токсичности (воздействие на органы человека)	ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений в соответствии с ГОСТ
			Нижний предел	Верхний предел		
Топливный газ	4	460	1,3	28,6	Вызывает паралич ЦНС	100 мг/м ³

Индивидуальные средства защиты

Для работы с вредными условиями труда, связанными с агрессивными средами, загрязнениями, повышенными температурами, влажностью, рабочим установкой в соответствии с ГОСТом 12.4.034-85 [32] выдается спец. одежда, спец. обувь и другие средства индивидуальной защиты.

1. Для защиты рук от воздействия вредных и агрессивных сред применяются рукавицы или голицы с кислотостойкой пропиткой.
2. Для защиты головы – каски защитные типа «Труд».
3. Для защиты органов дыхания используют противогазы и респираторы.
4. Для предохранения кожи открытых частей тела от производственных вредностей необходимо применять защитные мази.

5. Для работы внутри технологического оборудования в обязательном порядке использовать только шланговые противогазы. Каждый противогаз за обслуживающим противогазом закреплен индивидуально.

Повышенный уровень статического электричества

Статическое электричество – совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности или в объеме диэлектриков или не изолированных проводниках (ГОСТ 12.1.018-93).

Все части технологического оборудования, которые поводят статическое электричество, необходимо заземлить согласно ГОСТ 12.4.124-83 [33].

Средства индивидуальной защиты в зависимости от назначения в соответствии с ГОСТ 12.4.124-83:

- Специальную одежду антиэлектростатическую;
- Средства защиты рук антиэлектростатические;
- Специальную обувь антиэлектростатическую;
- Предохранительные приспособления антиэлектростатические (браслеты и кольца).

5.2 Экологическая безопасность

Одной из важнейших проблем нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслей промышленности является проблема охраны производственной и окружающей среды.

1. *Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы):* Среди загрязнений воздушной среды выбросами НПЗ основными являются углеводороды и сернистый газ.

2. *Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы)*: Отходы НПЗ, попадая в водные объекты, отрицательно влияют на качество воды и санитарные условия жизни и водопользования населения, нанося этим и экономический ущерб народному хозяйству. Это связано с особенностями поведения веществ, сбрасываемых со сточными водами НПЗ в водоемы, и, прежде всего нефти.

Нефти и нефтепродукты, сбрасываемые со сточными водами: сырая нефть, мазут, бензин, керосин, бензол, толуол, ксилол, этилен.

3. *Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы)*: В настоящее время количество промышленных выбросов, поступающих в биосферу, превышает в десятки и сотни раз уровень некоторых веществ, естественно циркулирующих в ней. Почва служит резервуаром, в котором загрязнения могут накапливаться в большом количестве. Загрязнение почвенного покрова происходит в результате адсорбции атмосферных выбросов, складирования и захоронения отходов производств.

Накапливаются такие выбросы, как углеводороды, нефти оксиды азота, серы, фенол, аммиак, а также тяжелые металлы, вымываемые снегом из атмосферы.

Исследования почвы в районах размещения предприятий нефтепереработки и нефтехимии показали, что она загрязняется нефтепродуктами и выбросами этих предприятий в радиусе до 3-х км, и глубиной до 60-80 см.

Таким образом, Комсомольский нефтеперерабатывающий завод оказывает неблагоприятное воздействие на все объекты окружающей среды – атмосферный воздух, водные объекты, почву, загрязняя их отходами своего производства [34].

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации могут быть техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера.

Пожары, взрывы, угроза взрывов относят к чрезвычайным ситуациям техногенного характера.

Пожаровзрывобезопасность

Производственные здания, сооружения и установки в зависимости количества пожаровзрывоопасных свойств, находящихся в них веществ и материалов и с учетом особенностей технологических процессов, размещенных в них производств, подразделяются на ряд категорий по взрывопожарной и пожарной опасности.

По санитарной характеристике в соответствии со СНИП 2.09.04-87 [35] производственные процессы гидроочистки и каталитического риформинга относятся к группе 3б.

Наличие аппаратов, работающих при высоких давлениях и температурах, содержащих большое количество продуктов в газо- и парообразном состоянии, создает опасность загазованности территории с последующим взрывом, загоранием или отравлением обслуживающего персонала.

Наиболее опасными местами на установке являются:

- помещение газовой компрессорной;
- реакторный блок;
- блок печей, а в самих печах— фронт основных и пилотных горелок, трубы змеевиков и фланцевых соединений;
- открытая насосная и постамент;
- блок ректификационных колонн;
- места отбора газообразных проб для лабораторных анализов;

- все колодцы промканализации и обратного водоснабжения, где возможны скопления паров бензина и углеводородных газов.

Основными причинами, способными привести к аварии, являются следующие факторы:

- отступление от норм установленного технологического режима эксплуатации;
- разгерметизация фланцев трубопроводов или аппаратов с нефтепродуктами;
- неисправность средств сигнализации и блокировки технологического процесса;
- несоблюдение инструкций по промышленной безопасности и противопожарных правил.

Пожаровзрывоопасность веществ и материалов – совокупность свойств, характеризующих их способность к образованию горючей (пожароопасной или взрывоопасной) среды, характеризуемая их физико-химическими свойствами и (или) поведением в условиях пожара. Следствием горения, в зависимости от его скорости и условий протекания, могут быть пожар (диффузионное горение) или взрыв (дефлаграционное горение предварительно перемешанной смеси горючего с окислителем) (ГОСТ 12.1.044-89 [36]).

Показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов определяют с целью получения исходных данных для разработки систем по обеспечению пожарной безопасности и взрывобезопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-91 [37] и ГОСТ 12.1.010-76 [38], строительных норм и правил, правил устройства электроустановок; при классификации опасных грузов по ГОСТ 19433-88 [39]; для выбора категории помещений и зданий в соответствии с требованиями норм технологического проектирования; для технического надзора за изготовлением материалов и изделий при постройке и ремонте судов.

Пожаровзрывоопасность веществ и материалов определяется показателями, выбор которых зависит от агрегатного состояния вещества (материала) и условий его применения (приложение Ж).

Основные требования по пожарной безопасности производства при эксплуатации [40]:

- строгое соблюдение норм технологического режима – порядка и правил ведения технологических процессов на всех составляющих установки;
- обязательное выполнение обслуживающим персоналом производственных инструкций, правил по производственной безопасности, пожарной и газовой безопасности,
- бесперебойное снабжение установки сырьём, паром, водой, электроэнергией, воздухом КИП, азотом;
- выполнение всего комплекса технических и организационных мероприятий по поддержанию на высоком уровне пожаровзрывобезопасности всего технологического оборудования, технической надёжности КИП и обеспечивающих систем;
- высокий уровень профессиональной подготовки промышленно-производственного персонала;
- постоянная готовность сил и средств к локализации аварий и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий

Во всех помещениях на производстве предусмотрена пожарная сигнализация. Сигналы от датчиков пожарной сигнализации подаются на щиты управления. В качестве датчиков используются пожарные извещатели взрывозащищенные. Для тушения пожаров или возгораний на установке применяются следующие средства пожаротушения [40]:

- ручные порошковые огнетушители ОП-5, ОП-10, ОП-50;

- углекислотные огнетушители ОУ-6;
- пожарные ящики с песком в комплекте;
- пожарные рукава.

На территории установки установлены пожарные щиты, укомплектованные огнетушителями ОП-5, ОП-10, ОУ-6, кошмой, лопатами.

В соответствии с «Требованиями к установке сигнализаторов и газоанализаторов» (ТУ-ГАЗ-86) [45] на наружной площадке и в помещениях устанавливаются стационарные автоматические сигнализаторы до взрывоопасных концентраций, кроме того, в помещениях – сигнализаторы предельных токсических концентраций.

Для предотвращения несчастных случаев и травматизма необходимо:

- содержать полы, лестницы и обслуживающие площадки в чистоте и свободными от инструментов и других оставленных предметов;
- во время ремонтных работ части оборудования мусор следует убирать в специально отведенные для этого места;
- замасленную и испачканную краской ветошь держать в металлических контейнерах с герметически подогнанными крышками;
- ограждения, соединения, ремни и т.д., которые были сняты для ремонта, должны быть возвращены на место;
- инструменты, куски труб и т.д. никогда не следует оставлять лежащими на площадках и перилах, откуда они могут упасть и травмировать работающих;
- доступ к лестницам и пожарным выходам всегда должен быть свободным;
- огнетушители должны перезаряжаться или заменяться немедленно, после использования. Все паровые и водяные шланги должны быть возвращены на место после использования;

- газовые баллоны следует складировать так, чтобы они не могли упасть. На вентили баллонов, которые не подсоединены, нужно помещать защитные колпачки;
- если электрическое оборудование не функционирует правильно, оповестить электротехническую службу и не приближаться к неисправному оборудованию, пока не прибудет электрик;
- для очистки использовать только рекомендованные растворители;
- проливы жидкости немедленно убирать.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно статье 224 ТК РФ работодатель обязан соблюдать ограничения на привлечение отдельных категорий работников к выполнению тяжелых работ, работ во вредных и (или) опасных условиях. Например, трудовое законодательство ограничивает использование труда женщин на работах в тяжелых, вредных или опасных условиях (ст. 253 ТК РФ). Молодые люди, не достигшие 18 лет, на вредные или опасные работы не допускаются. Об этом говорится в статье 265 ТК РФ.

У сотрудников, которые заняты на работах во вредных или опасных условиях, продолжительность рабочего времени сокращается на 4 часа в неделю. То есть она не должна превышать 36 часов в неделю (ч. 1 ст. 92 ТК РФ). При этом ежедневная рабочая смена при 36-часовой рабочей неделе не может превышать 8 часов, а при рабочей неделе 30 часов и менее – 6 часов (ч. 2 ст. 94 ТК РФ) [46].

Компоновка оборудования, зданий и сооружений выполнена в соответствии с действующими «Ведомственными указаниями проектирования предприятий, зданий и сооружений

нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности» (ВУПП-88) [47].

В соответствии с требованиями пункта 6.49. ВУПП-88 установка разделена на 3 зоны. Расстояние между зонами установки принято 15 м, куда входит также проезд 6 м, что позволяет пожарной технике свободно передвигаться по территории, а также выполнять монтажные и ремонтные работы. Вокруг зданий также имеются проезды шириной 6 м.

6 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проводя мониторинг промышленной установки каталитического риформинга бензинов Л-35-11-450К Комсомольского НПЗ были рассчитаны текущая и оптимальная активности. Проанализировав технологические параметры можно сказать, что необходимо увеличить кратность циркуляции ВСГ для увеличения выхода водорода на 0,15 %, повышения активности, увеличения степени ароматизации на 5,22 % и изомеризации на 3 %. А увеличение октанового числа до 95 привело к снижению выхода продукта. Таким образом, для оптимизации данной установки существует два решения – получение продукта заданного качества, но с низким объемом выпуска продукции, или получение большого объема продукции, но с низким качеством продукта.
2. Для исследования состава перерабатываемого сырья был выбран технологический режим за дату отбора 04.03.2015 г. Результаты исследования показали, что состав перерабатываемого сырья значительно влияет на выход продукта, количество коксонакопления и качество продукта. Следовательно, необходимо осуществлять постоянный контроль состава сырья и своевременно регулировать технологический режим.
3. Снижение активности катализатора и скорость коксонакопления отвечают за срок службы катализатора. Прогнозирование активности катализатора проводилось до июня 2016 г. от последней даты отбора (07.04.2015 г.) По результатам расчетов можно сказать, что с течением времени нарушен цикл регенерации, это привело к увеличению коксонакопления, соответственно активность катализатора снижается, а значит необходимо повышать температуру входа для поддержания качества продукта на заданном уровне.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кондрашева Н.К., Кондрашев Д.О., Абдульминев К.Г. Технологические расчеты и теория каталитического риформинга бензина. – Уфа: ООО «Монография», 2008. – 160с.
2. Мирошникова Д.Н., Леденёв С.М. Совершенствование процесса каталитического риформинга бензиновой фракции//Успехи современного естествознания. – 2010. – №1 – 162с.
3. Суханов В.П. Каталитические процессы в нефтепереработке. М., «Химия».
4. <http://www.pandia.ru/text/78/059/91337-3.php>
5. Смидович Е.В. Технология переработки нефти и газа. Часть вторая. М., «Химия», 1968.
6. Полубоярцев Д.С. Выбор и оценка эффективности Pt- катализаторов процесса риформинга бензинов с применением моделирующей системы. Томск, 2007, 24с.
7. Владимиров А.И. Установки каталитического риформинга. – М.: Нефть и газ, 1993, 60с.
8. С. А. Ахметов, Т. П. Сериков, И. Р. Кузеев, М. И. Баязитов; Под ред. С. А. Ахметова. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учебное пособие. — СПб.: Недра, 2006, 868 с.
9. <http://msd.com.ua/pererabotka-nefti/kataliticheskij-riforming/>
10. Мирошникова Д.А., Леденёв С.М. Совершенствование процесса каталитического риформинга бензиновой фракции. Волгоград: успехи современного естествознания, №1, 2010.
11. Круценко А. А., Борисов А. А., Соловьев В. А. Моделирование режимов работы блока стабилизации установки каталитического риформинга. Вестник ТОГУ. № 4(27). 2012.
12. Шарова Е.С., Фалеев С.А., Иванчина Э.Д., Гынгазова М.С., Полубоярцев Д.С., Кравцов А.В. Динамика свойств pt-катализаторов

- риформинга в процессе промышленной эксплуатации. Журнал «Катализ в промышленности», № 3, 2013.
13. Джембекова А.М., Щербатов И.А. Управление процессом каталитического риформинга на основе экспертной информации. Томск: Системы. Методы. Технологии, № 4 (24), 2014.
 14. Чеканцев Н.В., Иванчина Э.Д., Чузлов В.А., Куртуков В.А. Оптимизация состава перерабатываемого сырья на установках каталитического риформинг бензинов и изомеризации пентан-гексановой фракции с использованием комплексной математической модели «HYSYS IZOMER ACTIV». Томск: Фундаментальные исследования №8, 2013.
 15. Имашев У.Б., Тюрин А.А., Удалова Е.А. Особенности развития процесса каталитического риформинга в России. Башкирский химический журнал, том 16. № 4, 2009.
 16. Гынгазова М.С., Чеканцев Н.В., Короленко М.В., Иванчина Э.Д., Кравцов А.В. Оптимизация кратности циркуляции катализатора в реакторе риформинга с движущимся зернистым слоем сочетанием натурного и вычислительного экспериментов. Томск: Катализ в промышленности, № 2, 2012.
 17. Гартман В.Л., Обысов А.В., Дульнев А.В. Промышленные катализаторы риформинга углеводородов и тенденции их оптимизации. М: Катализ в промышленности. № 5. 2007.
 18. Кондрашев Д.О., Ахметов А.Ф. Совершенствование промышленного процесса каталитического риформинга бензина путем применения технологии межступенчатого разделения реформата. Уфа: Башкирский химический журнал, том 13 №4, 2006.
 19. Петров П.А. Моделирование процесса каталитического риформинга. Санкт-Петербург: научный журнал "Фундаментальные исследования" №12, 2007.

20. http://www.rosneft.ru/Downstream/refining/Refineries/Komsomolsk_Refinery/
21. <http://energybase.ru/refinery/komsomolsk-refinery>
22. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
23. Методические указания к лабораторной работе для студентов химико-технологического факультета / сост. Е.С. Шарова, Н.В. Чеканцев, Е.Н. Ивашкина, Э.Д. Иванчина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 32 с.
24. <https://ru.wikipedia.org/>
25. Системный анализ химико-технологических процессов / сост. Е.С. Шарова, А.В. Кравцов, Е.Н. Ивашкина, Э.Д. Иванчина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 95 с.
26. Рыжакина Т.Г. Экономика и управление производством. Расчет экономической части дипломного проекта: методические указания для студентов, обучающихся по химическим специальностям Института дистанционного образования. Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 22 с.
27. Гаврикова Н.А., Тухватулина Л.Р., Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Шаповалова Н.В. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
28. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
29. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
30. ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
31. ГОСТ 12.1.018-93 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества.

32. СанПиН 2.24/2.1.8.562-93. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территориях жилой застройки.
33. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
34. ГОСТ 12.4.034-85. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка.
35. ГОСТ 12.4.124-83. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования.
36. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
37. СНиП 2.09.04-87. Административные и бытовые здания.
38. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
39. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
40. ГОСТ 12.1.010-76. Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования.
41. ГОСТ 19433-88 Грузы опасные. Классификация и маркировка.
42. ТР-2-32-32-06: Технологический регламент установки каталитического риформинга с предварительной гидроочисткой Л-35-11/450К.
43. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
44. ГОСТ Р 51330.9-99 (МЭК 60079-10-95) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон.
45. ГОСТ Р 51330.5-99. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 4. Метод определения температуры самовоспламенения.
46. ГОСТ Р 51330.11-99 (МЭК 60079-12-78) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 12. Классификация смесей газов и паров с

воздухом по безопасным экспериментальным максимальным зазорам и минимальным воспламеняющим токам.

47. ТУ-ГАЗ-86. Требования к установке сигнализаторов и газоанализаторов.

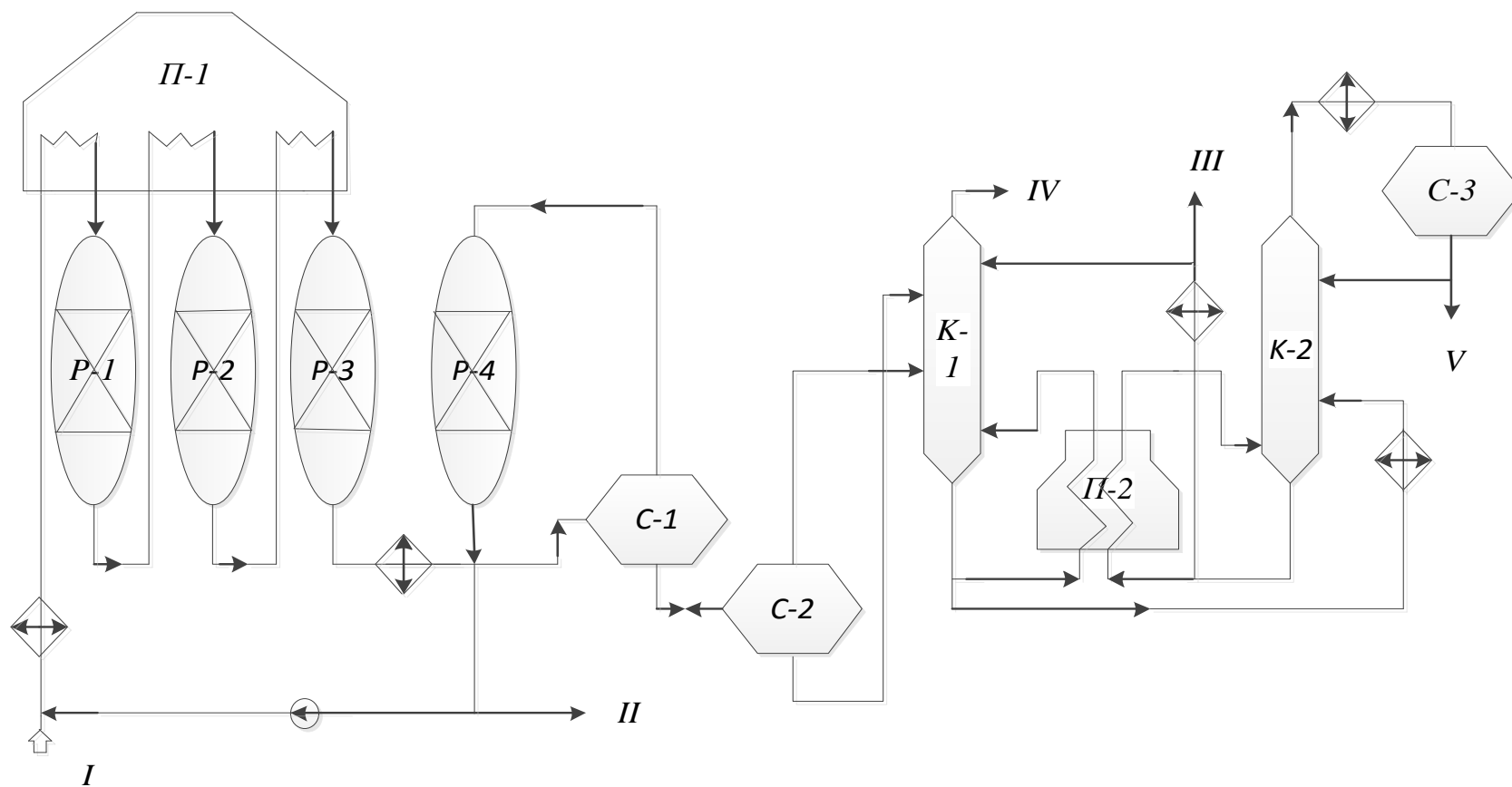
48. Журнал «Российский Налоговый Курьер» №15 за 2008 год.

49. ВУПП-88. Ведомственные указания проектирования предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Принципиальная технологическая схема каталитического риформинга бензинов



Принципиальная технологическая схема установки каталитического риформинга:
I – гидроочищенное сырье; II – ВСГ; III - стабильный катализат; IV - сухой газ; V – головная фракция.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Таблица – Исследование текущей активности катализатора

Дата отбора	05.08.14	19.08.14	26.08.14	09.09.14	16.09.14	23.09.14	18.11.14	20.01.15	17.02.15	24.02.15	04.03.15	10.03.15	17.03.15	07.04.15
Выход риформата, %	83,86	86,04	85,7	85,35	84,97	85,48	85,21	85,67	86,57	86,31	86,83	86,49	86,3	86,66
Активность, отн.ед.	0,92	0,92	0,91	0,89	0,9	0,88	0,84	0,87	0,82	0,87	0,82	0,84	0,87	0,79
Перерабатываемое сырьё т.	93977	109759	117679	133515	141430	149356	205301	262710	293847	301707	310650	317327	325135	341629
Число крекинга	1,4	1,5	1,6	1,6	1,6	1,8	1,9	1,8	1,8	1,8	1,9	1,8	2	1,6
Водород, %	86,3	89,4	88,5	86,8	87,8	86,9	87,8	88,5	88	88	88,4	87,2	87,9	86,7
Выход водорода, %	1,83	1,73	1,74	1,73	1,78	1,67	1,69	1,73	1,74	1,75	1,72	1,69	1,75	1,67
Температура входа, °С	475	475	475	475	476	476	478	478	480	480	481	481	481	482
Расход сырья м ³ /ч	65	65	65	65	65,2	65	65	64,3	67	68	68	68	68	68
Пар/(Нафт+Аром)	1,13	0,82	0,77	0,9	0,95	0,9	0,94	0,88	0,84	0,81	0,82	0,8	0,81	0,86
н-Пар/и-Пар сырьё	0,74	0,66	0,75	0,7	0,72	0,67	0,66	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	0,68	0,69
Степень изомеризации	29	23	30	25	27	23	20	25	24	25	25	26	27	26
Кратность циркуляции м ³ /м ³	1210,3	1170,5	1154,7	1166,3	1147,5	1185,4	1171	1189,8	1169,5	1162,6	1159,4	1170,4	1175,1	1193,4

Продолжение приложения Б

Дата отбора	05.08.14	19.08.14	26.08.14	09.09.14	16.09.14	23.09.14	18.11.14	20.01.15	17.02.15	24.02.15	04.03.15	10.03.15	17.03.15	07.04.15
Степень ароматизации	20,57	16,49	15,73	17,9	19	17,62	17,98	16,27	15,05	15,13	14,4	14,42	14,24	14,01
Ароматика, %вес.	60,44	65,08	65,21	63,51	63,5	63,37	62,55	62,94	62,03	63,36	61,96	62,82	62,91	60,35
Кокс, %вес.	1,4	1,66	1,78	2,01	2,14	2,26	3,01	3,86	4,23	4,35	4,46	4,56	4,68	4,88
Октановое число о.ч.и.	94,1	95,6	95,6	94,7	95	94,8	95	92	93,8	94	93,3	93,7	94	92,9

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Таблица – Исследование оптимальной активности катализатора

Дата отбора	05.08.14	19.08.14	26.08.14	09.09.14	16.09.14	23.09.14	18.11.14	20.01.15	17.02.15	24.02.15	04.03.15	10.03.15	17.03.15	07.04.15
Выход риформата, %	83,18	86,45	86,07	85,19	84,97	85,31	85,19	83,36	85,59	85,57	85,41	85,43	85,46	84,82
Активность, отн. ед.	0,97	0,89	0,88	0,9	0,9	0,89	0,85	1,02	0,89	0,92	0,92	0,92	0,93	0,92
Перерабатываемое сырьё, т.	93977	109759	117679	133515	141430	149356	205301	262710	293847	301707	310650	317327	325135	341629
Число крекинга	1,4	1,5	1,6	1,6	1,6	1,8	1,9	1,8	1,8	1,8	1,9	1,8	2	1,6
Водород, %	86,3	89,4	88,5	86,8	87,8	86,9	87,8	88,5	88	88	88,4	87,2	87,9	86,7
Выход водорода, %	1,88	1,69	1,7	1,74	1,78	1,68	1,69	1,88	1,82	1,81	1,83	1,77	1,81	1,81
Температура входа, °С	475	475	475	475	476	476	478	478	480	480	481	481	481	482
Расход сырья м ³ /ч	65	65	65	65	65,2	65	65	64,3	67	68	68	68	68	68
Пар/(Нафт+Аром)	1,13	0,82	0,77	0,9	0,95	0,9	0,94	0,88	0,84	0,81	0,82	0,8	0,81	0,86
н-Пар/и-Пар	0,74	0,66	0,75	0,7	0,72	0,67	0,66	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	0,68	0,69
Степень изомеризации	30	23	30	25	27	23	20	28	25	26	27	28	28	29
Кратность циркуляции м ³ /м ³	1210,3	1170,5	1154,7	1166,3	1147,5	1185,4	1171	1189,8	1169,5	1162,6	1159,4	1170,4	1175,1	1193,4

Продолжение приложения В

Дата отбора	05.08.14	19.08.14	26.08.14	09.09.14	16.09.14	23.09.14	18.11.14	20.01.15	17.02.15	24.02.15	04.03.15	10.03.15	17.03.15	07.04.15
Степень ароматизации	22,12	15,62	14,9	18,27	19	18	18,03	21,49	17,06	16,75	17,41	16,69	16,09	18,05
Ароматика, %вес.	62,16	64,04	64,19	63,95	63,5	63,81	62,61	68,53	64,53	65,3	65,58	65,44	65,02	64,96
Кокс, %вес.	1,79	2,01	2,11	2,36	2,49	2,62	3,37	5,29	5,83	5,99	6,18	6,33	6,5	6,88
Октановое число о.ч.и.	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Таблица – Исследование влияния состава сырья

Дата отбора	05.08.2014	19.08.2014	26.08.2014	09.09.2014	16.09.2014	23.09.2014	18.11.2014	20.01.2015	17.02.2015	24.02.2015	04.03.2015	10.03.2015	17.03.2015	07.04.2015
Выход риформата	83,22	85,46	84,97	84,53	84,21	84,55	84,06	84,97	85,12	85,43	85,43	85,48	85,63	85,16
Водород, %	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4
Выход водорода, %	1,89	1,78	1,79	1,81	1,83	1,73	1,8	1,8	1,85	1,83	1,83	1,77	1,81	1,79
Расход сырья м ³ /ч	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
Пар/(Нафт+Аром)	1,13	0,82	0,77	0,9	0,95	0,9	0,94	0,88	0,84	0,81	0,82	0,8	0,81	0,86
н-Пар/и-Пар сырьё	0,74	0,66	0,75	0,7	0,72	0,67	0,66	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	0,68	0,69
Степень изомеризации	30	24	32	27	28	25	21	26	26	26	27	28	28	29
Степень ароматизации	22,26	18,02	17,43	19,99	20,65	19,74	20,85	18,1	18,04	17,13	17,36	16,66	15,83	17,33
Ароматика, %вес.	62,26	66,75	67,14	65,86	65,32	65,72	65,84	64,97	65,63	65,73	65,53	65,41	64,74	64,2
Кокс, %вес.	6,45	7,15	7,1	7,11	7,05	7,66	7,21	6,94	6,59	6,67	6,65	6,96	6,55	6,59
Октановое число о.ч.и.	95	96,4	96,6	96	96	96	96,7	93,1	95,5	95,2	95	95	94,8	94,7

ПРИЛОЖЕНИЕ Д (обязательное)

Таблица – Состав перерабатываемого сырья

Дата отбора	05.08.14	19.08.14	26.08.14	09.09.14	16.09.14	23.09.14	18.11.14	20.01.15	17.02.15	24.02.15	04.03.15	10.03.15	17.03.15	07.04.15
nC4	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0
nC5	0,01	0,01	0	0	0	0,01	0,15	0	0	0	0	0	0,01	0
nC6	3,13	2,95	2,77	2,86	2,69	3,2	1,84	2,92	2,46	2,62	2,8	3	2,78	2,75
nC7	4,67	3,81	3,54	3,77	4,06	3,65	3,91	4,16	4,41	4,64	4,78	4,84	5,01	5,3
nC8	6,98	5,48	5,89	5,97	6,41	5,69	6,02	5,57	5,32	5,15	5,14	4,89	4,97	4,99
nC9	4,65	3,27	3,58	3,86	4,3	3,6	4,24	3,54	3,31	3,12	3,08	2,94	3	3,05
nC10	2,63	2,23	2,4	2,5	2,57	2,6	2,81	2,39	2,36	2,3	2,19	2,2	2,13	2,19
iC5	0	0	0	0	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0,01	0
iC6	2,25	2,28	1,63	1,7	1,42	2,19	1,06	1,49	1,19	1,22	1,38	1,59	1,41	1,4
iC7	2,43	2,11	1,48	1,94	2,14	1,88	2,5	3,11	2,89	2,87	2,86	3,01	3,82	4,34
iC8	8,76	8,31	6,07	8,18	7,96	8,09	8,02	7,98	8,18	8,14	8,15	7,85	7,91	7,73
iC9	7,25	6,19	6,75	6,68	7,16	6,57	7,02	6,47	5,93	5,9	5,88	5,7	5,74	5,44
iC10	9,21	7,81	8,39	8,74	8,98	9,09	9,84	8,38	8,27	8,03	7,68	7,69	7,46	7,67
ZP	0,08	0,07	0,04	0,04	0,03	0,06	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
MZP	2,39	2,53	2,69	2,67	2,57	2,81	2,01	3,02	2,79	3,06	3,15	3,28	3,14	2,88
DMZP	3,4	3,4	2,78	3,09	3,27	3,05	3,34	3,84	3,81	3,9	3,96	4,18	4,7	4,81

Продолжение приложения Д

Дата отбора	05.08.14	19.08.14	26.08.14	09.09.14	16.09.14	23.09.14	18.11.14	20.01.15	17.02.15	24.02.15	04.03.15	10.03.15	17.03.15	07.04.15
ZG	1,06	0,69	0,89	1,06	0,98	0,88	1,12	1,88	2,11	2,21	2,1	1,77	2,23	2,21
MZG	6,4	6,8	6,53	6,36	6,3	6,15	5,98	6,53	7,21	7,6	7,76	7,78	7,81	7,47
C8H	12,57	12,24	14,93	12,52	12,22	11,69	11,97	11,44	11,83	11,27	11,01	10,98	11,01	10,89
C9H	6,66	7,57	7,64	7,11	7,39	7,32	7,75	7,2	6,85	6,57	6,52	6,41	6,48	5,85
C10H	1,32	1,12	1,2	1,25	1,28	1,3	1,41	1,2	1,18	1,15	1,1	1,1	1,07	1,1
BENZ	0,22	0,54	0,48	0,43	0,36	0,48	0,27	0,46	0,41	0,51	0,55	0,63	0,54	0,48
TOLY	1,8	3,87	3,4	3,14	2,56	3,1	2,4	3,01	3,3	3,82	3,97	4,22	3,94	3,71
KSIL	4,6	7,98	7,53	6,66	6,41	6,98	6,34	6,59	6,38	6,65	6,73	6,81	6,58	6,06
AP9	4,2	5,46	5,31	5,39	5,25	5,95	5,98	5,49	5,38	5,49	5,08	5,33	5,15	5,19

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(обязательное)

Таблица – Материальные затраты

Наименование	Ед.изм .	Количество			Цена за ед., т.руб			Затраты на материалы, (Зм), т.руб.		
		КНПЗ	Аналог 1	Аналог2	КНПЗ	Аналог1	Аналог2	КНПЗ	Аналог 1	Аналог 2
Прямогонная нефтя	т	46783	79055	20830	1,8	1,8	1,8	84209,4	142299,0	37494,0
Катализатор	т	98,725	90,53	98,725	0,210	0,210	0,210	20,73	19,01	20,73
Итого:								84230,13	142318,01	37514,73

Аналог 1 – ПАО «Газпром нефть»;

Аналог 2 – ОАО «Сургутнефтегаз».

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

(рекомендуемое)

Таблица – Взрывопожарная и пожарная опасность, санитарная характеристика производственных зданий, помещений, зон и наружных установок [42]

Наименование производственных зданий, помещений, наружных установок	Категория взрывопожароопасной и пожарной опасности помещений, зданий и наружных установок (НПБ-105-03) [43]	Классификация взрывоопасных зон внутри и вне помещений для выбора установки электрооборудования по ПУЭ, ГОСТ Р 51330-9-99 [44]			Группа производственных процессов по санитарной характеристике (СНиП 2.09.04-87)	Средства пожаротушения
		Класс взрывоопасной зоны	Категория и группа взрывоопасных смесей ГОСТ Р 51330-5-99 [45], ГОСТ Р 51330-11-99 [46]	Наименование веществ, определяющих категорию и группу взрывоопасных смесей		
1	2	3	4	5	6	7
Наружное оборудование установки	A _н	B-I, 2	ПС-T1 ПА-T3	ВСГ; бензиновые фракции	3б	<ul style="list-style-type: none"> - противопожарный водопровод для передвижной пожарной техники; - система орошения колонных аппаратов К1 и К2; - стационарные лафетные установки (6 стволов); - полустационарная установка пенотушения; - первичные средства пожаротушения

Продолжение приложения Ж

1	2	3	4	5	6	7
Печи трубчатые П-1, П-2, П-3, П-4, П-5	Г _н	Нормальн ый, В-Іг – на расстояни и более 5 м от форсунок печей. 2	ПС-Т1 ПА-Т3	-ВСГ; -бензиновые фракции	3б	- устройство «Паровая завеса» у каждой печи; - система пожаротушения с подачей пара в объем каждой печи; - первичные средства пожаротушения
Компрессорная, в том числе: Помещение компрессорной Венткамера	А Д	В- Іа, 2 -	ПС-Т1 ПА-Т3 -	-ВСГ -пары бензина -	3б -	- автоматическая пожарная сигнализация; - внутренняя система водяного пожаротушения с установкой пожарных кранов; - первичные средства пожаротушения. - первичные средства тушения локального пожара.
Насосная реагентов, в том числе: помещение насосной	В3	В-Іб, 2	ПА-Т2	- трихлорэтилен	3б	- автоматическая пожарная сигнализация; - внутренняя система водяного пожаротушения с установкой пожарных кранов; - первичные средства пожаротушения.

Продолжение приложения Ж

1	2	3	4	5	6	7
Маслохозяйство	В4	Нормальная среда		-масло компрессорное - масло турбинное	-	- автоматическая пожарная сигнализация; - первичные средства пожаротушения.
Венкамера	Д	-	-	-	-	- первичные средства тушения локального пожара.
Операторная	Д	Нормальная среда				- автоматическая установка порошкового пожаротушения подполья операторной; - автоматическая пожарная сигнализация; - первичные средства пожаротушения.
Р Т П	В3	Нормальная среда				- первичные средства тушения локального пожара.
Помещение котлов – утилизаторов	Д	Нормальная среда				- первичные средства тушения локального пожара